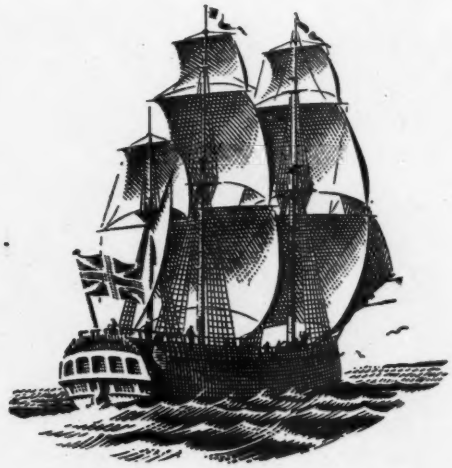
ENDEAVOUR

Revue trimestrielle destinée à tenir registre du progrès des sciences au service du genre humain



VOLUME III · 1944

Endeavour

VOLUME III 1944

LISTE DES ARTICLES arrangés alphabétiquement sous les auteurs

Auteurs	*Articles*	*Page*
ARTICLES DE TÊTE	Deux anniversaires en chimie	1
	Locomotion naturelle et locomotion mécanique	45
	La science et le film	85
	Le sens de la science	125
ASTBURY, W. T.	Les différentes sortes de fibres manufacturées	98
BALDWIN, A. W.	Mercer et le mercerisage	138
BOGUE, J. YULE, *voir* YULE BOGUE, J.		
BRUNT, D.	Les conditions climatériques et l'homme	87
CARESS, A.	« Perspex »—un polymère du méthacrylate de méthyle	156
CARPENTER, G. D. H., *voir* HALE CARPENTER, G. D.		
CHAIN, E., *et* FLOREY, H. W.	La pénicilline	3
DODDS, E. C.	Les hormones oestrogènes synthétiques	144
FARMER, E. H.	Progrès réalisés dans l'étude scientifique du caoutchouc	72
FLOREY, H. W., *voir* CHAIN, E.		
FRY, D., *voir* YULE BOGUE, J.		
HALE CARPENTER, G. D.	La coloration des papillons	20
HOWARTH, O. J. R.	The British Association	57
KENDALL, J.	Thomas Charles Hope, 1766–1844	119
MACLEOD, M. N.	L'évolution de la cartographie en Grande Bretagne	62
MARTIN, T.	The Royal Institution of Great Britain	135
NORTH, F. J.	Henry Thomas de la Beche et son influence sur la géologie	15
OSSOWSKI, L. L.	La destruction des parasites des forêts par des procédés chimiques	32
RAYLEIGH, LORD	Les météorites et quelques-uns des problèmes qu'elles présentent	127
READ, J.	La chimie de la brousse australienne	47
ROBINSON, H. R.	Progrès récents dans la mesure des constantes atomiques	68
SMALL, J.	Le froid et son importance vitale	114
SWALLOW, J. C.	Polythène	26
TAYLOR, E. L.	Les tendances de la parasitologie vétérinaire en Grande Bretagne	150
WHITTAKER, E. T.	La gravitation: des idées anciennes aux idées nouvelles	39
YOUNG, J. Z.	Les fibres nerveuses géantes	108
YULE BOGUE, J. *et* FRY, D.	Les mouvements de la langue et la parole	104
ZUCKERMAN, S.	L'influence des hormones sur l'évolution sociale de l'homme	80

TABLE DES MATIÈRES

	Page
ANNIVERSAIRES en chimie, Deux, ARTICLE DE TÊTE	1
BRITISH ASSOCIATION, The, O. J. R. HOWARTH	57
BROUSSE australienne, La chimie de la, JOHN READ	47
CAOUTCHOUC, Progrès réalisés dans l'étude scientifique du, E. H. FARMER	72
CARTOGRAPHIE en Grande Bretagne, L'évolution de la, M. N. MACLEOD	62
CHIMIE de la brousse australienne, JOHN READ	47
CLIMATÉRIQUES, Les conditions climatériques et l'homme, DAVID BRUNT	87
COLORATION des papillons, La, C. D. HALE CARPENTER	20
CONSTANTES atomiques, Progrès récents dans la mesure des, H. R. ROBINSON	68
DE LA BECHE et son influence sur la géologie, Henry Thomas, F. J. NORTH	15
DESTRUCTION des parasites des forêts par des procédés chimiques, La, L. L. OSSOWSKI	32
FIBRES manufacturées, Les différentes sortes de, W. T. ASTBURY	98
FIBRES nerveuses géantes, Les, J. Z. YOUNG	108
FILM, La science et le, ARTICLE DE TÊTE	85
FROID et son importance vitale, Le, JAMES SMALL	114
GÉOLOGIE, Henry Thomas de la Beche et son influence sur la, F. J. NORTH	15
GRAVITATION: des idées anciennes aux idées nouvelles, La, E. T. WHITTAKER	39
HOPE, 1766–1844, Thomas Charles, JAMES KENDALL	119
HORMONES oestrogènes synthétiques, Les, E. C. DODDS	144
HORMONES sur l'évolution sociale de l'homme, L'influence des, S. ZUCKERMANN	80
LANGUE et la parole, Les mouvements de la, J. YULE BOGUE *et* DENNIS FRY	104
LOCOMOTION naturelle et locomotion mécanique, ARTICLE DE TÊTE	45
MERCER et le mercerisage, A. W. BALDWIN	138
MÉTÉORITES et quelques-uns des problèmes qu'elles présentent, Les, LORD RAYLEIGH	127
MOUVEMENTS de la langue et la parole, Les, J. YULE BOGUE *et* DENNIS FRY	104
MUSÉES	134
OESTROGÈNES synthétiques, Les hormones, E. C. DODDS	144
PAPILLONS, La coloration des, C. D. HALE CARPENTER	20
PARASITES des forêts par des procédés chimiques, La destruction des, LEON L. OSSOWSKI	32
PARASITOLOGIE vétérinaire en Grande Bretagne, Les tendances de la, E. L. TAYLOR	150
PAROLE, Les mouvements de la langue et la, J. YULE BOGUE *et* DENNIS FRY	104
PÉNICILLINE, La, E. CHAIN *et* H. W. FLOREY	3
« PERSPEX »—un polymère du méthacrylate de méthyle, A. CARESS	156
POLYTHÈNE, J. C. SWALLOW	26
PROGRÈS réalisés dans l'étude scientifique du caoutchouc, E. H. FARMER	72
REVUE DES LIVRES:	
Biological Standardization, Bulletin VI of the Health Organization, League of Nations	124
Chemical Analysis of Waters, D. DICKINSON	164

TABLE DES MATIÈRES (*suite*)

REVUE DES LIVRES (*suite*) — *Page*

Coals and Cokes, Proceedings of a Conference on the Ultra-fine Structure of, BRITISH COAL UTILIZATION RESEARCH ASSOCIATION 124
'Doping,' Notas Microquímicas sobre, E. H. DUCLOUX 124
Edible Fungi, J. RAMSBOTTOM 164
Eruptive Rocks, S. J. SHAND 84
Florae Domingensis, Catalogus, part 1: Spermatophyta, R. M. MOSCOSCO 44
Fungi, Dictionary of the, G. C. AINSWORTH *et* G. R. BISBY 43
Geology in the Service of Man, W. G. FEARNSIDES *et* O. BULMAN 164
Identification of Insects of Medical Importance, J. SMART *et alii* 84
Impact and Value of Science, D. W. HILL 163
Inorganic Chemistry, F. EPHRAIM 83
Metabolism of Fat, The, I. SMEDLEY-MACLEAN 84
Metal Finishing, Application of Radiant Heat to, J. NELSON *et* R. SILMAN 164
Metals in the Service of Man, W. ALEXANDER *et* A. STREET 123
Mineral Deficiencies in Plants, Diagnosis of, by Visual Symptoms, T. WALLACE .. 44
Nematodes in Lambs, Co-ordinated Trials with Phenothiazine against, IMPERIAL AGRICULTURAL BUREAUX 124
Optical Workshop Principles, C. DÉVÉ 123
Organic Chemistry, Principles of, S. J. SMITH 163
Organic Compounds, Dictionary of, I. M. HEILBRON *et* H. M. BUNBURY
Vol. I 43
Vols. II *et* III 123
Phenothiazine, Co-ordinated trials with, against Nematodes in Lambs, IMPERIAL AGRICULTURAL BUREAUX 124
Starch and its Derivatives, J. A. RADLEY 43
Stellar Dynamics and Galactic Rotation, S. W. SHIVESHWARKAR 123
Spectrophotometry in Medicine, L. HEILMEYER 44
Testing Radio Sets, J. H. REYNER 83
Thomson, Life of Sir J. J., O.M., LORD RAYLEIGH 44
Time Bases (Scanning Generators), O. S. PUCKLE 43
Universe Around Us, The, SIR J. JEANS 163
Wave-filters, L. C. JACKSON 163
Weather, The, G. KIMBLE *et* R. BUSH 83
Wool, The Future of, PABLO LINK 84

ROYAL INSTITUTION OF GREAT BRITAIN, The, THOMAS MARTIN .. 135
SCIENCE et le film, La, ARTICLE DE TÊTE 85
SCIENCE, Le sens da la, ARTICLE DE TÊTE 125
SYNTHÉTIQUES, Les hormones oestrogènes, E. C. DODDS 145
VÉTÉRINAIRE en Grande Bretagne, Les tendances de la parasitologie, E. C. TAYLOR 150

Fabriqué et imprimé en Grande Bretagne par THE KYNOCH PRESS, *Witton, Birmingham, 6, pour les éditeurs,* IMPERIAL CHEMICAL INDUSTRIES LIMITED, *Londres,* S.W.1

ENDEAVOUR

Revue trimestrielle destinée à tenir registre du progrès
des sciences au service du genre humain

VOLUME III JANVIER 1944 NUMÉRO 9

Deux anniversaires en chimie

Deux facteurs fondamentaux sont à l'origine du progrès scientifique prodigieux du XIXème siècle. L'un a été l'édification de la théorie atomique en chimie, l'autre l'établissement du principe de la conservation de l'énergie. Tous deux étaient le résultat du travail de deux savants britanniques. James Prescott Joule démontra que l'énergie est indestructible; la théorie atomique en chimie naquit du cerveau génial de John Dalton qui mourut il y aura cent ans en cette année 1944. Depuis l'époque de Boyle (1627–91), la Grande-Bretagne a donné naissance à une série de grands savants — astronomes, physiciens, chimistes, biologistes, géologues, — peut-être égalés mais certainement insurpassés par ceux des autres pays. A cette série appartiennent des hommes dont le travail non seulement fut grand, mais encore fit époque, au sens littéral du terme. Newton, par exemple, est à l'origine de la physique moderne; l'ouvrage de Darwin, *The Origin of Species*, marqua certainement une époque nouvelle en biologie; et le travail de J. J. Thomson sur la conductibilité électrique des gaz ouvrit également un nouveau chapitre de la science.

Dix ans avant la naissance de Dalton en 1766, Joseph Black avait publié la première étude chimique quantitative menée strictement selon les règles scientifiques. Pour ce travail qui traitait des relations entre les alcalis forts et faibles, Black a eu recours constamment à la balance, et il admettait tacitement la conservation de la matière et la constance de composition des substances chimiques. Les vingt années suivantes, l'« âge de la chimie des gaz », furent marquées par la découverte des gaz les plus communs et par la façon remarquable dont Lavoisier établit la composition de l'air. Lavoisier semble, comme Black, avoir accepté la constance de composition des substances chimiques comme un axiome, mais ce point de vue fut contesté par son contemporain Berthollet. Aux environs de 1802, Proust régla la question par de nombreuses analyses.

Ainsi, au début du XIXème siècle, les substances nouvelles, les faits nouveaux, les méthodes nouvelles, et les conceptions nouvelles abondaient. Il ne manquait qu'une idée générale pouvant coordonner et expliquer les faits, et celle-ci prenait déjà forme dans le cerveau de John Dalton, qui était alors un obscur répétiteur de mathématiques à Manchester.

De robuste souche paysanne, le caractère dominant de Dalton, même comme écolier, était une confiance inébranlable en ses propres moyens. Mis en face d'un problème ardu, il aimait à en chercher la solution par lui-même et déclinait les offres d'assistance de son maître. « J'y arriverai peut-être » était une réponse courante, et sa confiance était généralement bien fondée. Cette persévérance obstinée dans l'effort mental venait heureusement renforcer la profondeur de sa pensée, car celle-ci était lente et sa contribution à la théorie scientifique fut le résultat d'un effort soutenu. Sa théorie atomique, élaborée petit à petit au cours d'une dizaine d'années, fut publiée intégralement en 1808, dans la première partie de son *New System of Chemical Philosophy*. Bien qu'à l'origine il ait été conduit à formuler sa théorie par ses recherches sur les propriétés physiques des gaz, il comprit qu'il pourrait obtenir une précieuse confirmation de ses principales hypothèses en étudiant les proportions relatives dans lesquelles les éléments réagissent entre eux. Il exécuta de minutieuses expériences sur ce sujet avec un appareillage des plus simples, et il découvrit — comme il était fermement persuadé de le faire — que chaque élément paraissait être constitué par des particules de même poids pour un même élément mais de poids variable d'un élément à l'autre.

Ceci fut l'idée directrice qui lui permit très rapidement de rassembler la masse des données chimiques éparses et sans lien entre elles qui avaient été accumulées jusque là. La chimie devint une science homogène et dans une large mesure une science exacte. La théorie sous sa forme originale demandait, ainsi que toutes les théories générales, quelques éclaircissements sur certains points et des modifications et des extensions sur d'autres. Dalton lui-même ne réalisa pas la distinction essentielle entre les atomes eux-mêmes et ces ensembles d'atomes que l'on nomma par la suite molécules. Ceci devait être laissé à la perspicacité d'Avogadro et au bon sens de Cannizzaro. Mais, grâce à l'acceptation générale de la théorie de Dalton — surtout après la simplification qu'y apporta le système de notation chimique de Berzelius — la chimie était bien lancée. Aujourd'hui les hypothèses de Dalton ont subi le sort inéluctable de toute hypothèse scientifique: elles ont été absorbées ou remplacées par des descriptions plus précises des phénomènes — mais elles ont servi pendant un siècle de points de repère sur l'océan de la chimie.

Il ne s'agissait pas là seulement de la chimie théorique, car la théorie atomique a été en fait la base indispensable au développement de la chimie industrielle, et, par conséquent, son influence s'est exercée bien au delà des confins du laboratoire. Il serait intéressant d'essayer d'évaluer ses effets sur l'histoire du monde.

L'époque de Dalton appartient maintenant au passé; mais si nous regardons en arrière elle nous apparaît comme l'une des époques les plus nettement marquantes dans toute l'évolution de la science. Il a su voir avec certitude le point « vers lequel convergeaient les rayons des expériences éparses », et il les a tous amenés, lentement, mais avec la même sureté, vers un foyer précis et lumineux.

Si nous en croyons la tradition — et dans ce cas particulier elle n'est pas trop sujette à caution — l'année 1944 verra un autre anniversaire digne d'intérêt. Il y aura exactement 800 ans que, le 11 février 1144, l'érudit anglais Robert de Chester terminait sa traduction en latin d'un ouvrage arabe sur l'alchimie. Cette traduction se répandit en Europe occidentale, et il y a des raisons de croire que ce fut là le premier ouvrage d'alchimie qui atteignit la civilisation latine. Par conséquent, s'il est une date qui puisse être plus qu'une autre considérée comme l'anniversaire de la naissance de la chimie, c'est bien le 11 février 1144. Quels que soient les faits, la Grande-Bretagne peut à tout le moins revendiquer que, moins d'un siècle après la conquête normande, ses savants ouvraient de nouvelles voies à la culture.

Robert était probablement originaire de Ketton en Rutland et devait son surnom au fait qu'il fit ses études à Chester. Suivant une coutume très répandue à cette époque, il fit un long séjour en Espagne afin de s'imprégner de l'érudition musulmane. Une lettre écrite en 1143 par Pierre le Vénérable à St-Bernard rapporte que Pierre avait rencontré en 1141 Robert et son ami Hermann de Dalmatie — deux « lettrés à l'esprit vif et bien cultivés » demeurant près de l'Ebre — et les avait persuadés d'abandonner momentanément leurs études d'astrologie et d'entreprendre la traduction du Coran en latin. Ce travail fut terminé en 1143 et Robert se tourna à nouveau des sujets théologiques vers les sujets séculiers, car la traduction du texte alchimique en 1144 fut suivie l'année d'après par la première traduction de l'Algèbre d'Al Chwarizm. Il serait difficile d'exagérer l'importance de cette dernière, car elle marque les débuts de l'algèbre européenne.

Aux environs de 1147, Robert (qui avait été Archidiacre à Pampelune) revint en Angleterre, où il écrivit ou traduisit un traité sur l'astrolabe, compila des tables astronomiques pour la longitude de Londres, de 1149 à 1150, et révisa, pour le méridien de Londres, les tables d'Al Chwarizm précédemment traduites par Adélard de Bath. Il introduisit en mathématiques l'emploi du mot *sinus* dans son sens trigonométrique, comme traduction du terme arabe *jaib* (poche) qui possède le même sens en trigonométrie.

Le règne du roi Stephen est si reculé qu'il appartient presque à la légende. Il est agréable de penser que, déjà à cette époque si lointaine, des anglais, non seulement faisaient avancer les limites de la connaissance, mais encore travaillaient en collaboration avec des savants de race et de croyance différentes de la leur.

On est prié d'adresser les manuscrits et la correspondance au rédacteur en chef, E. J. Holmyard, Imperial Chemical Industries, Nobel House, Buckingham Gate, Londres, S.W.1. Nous invitons les chercheurs qui poursuivent des travaux importants ou intéressants à nous envoyer de courtes notes sur les expériences en cours et sur leurs derniers résultats.

La pénicilline

E. CHAIN et H. W. FLOREY

La pénicilline, peut-être le plus précieux agent chimiothérapique connu, est une découverte purement britannique. Cependant, les hommes de science britanniques se conforment si facilement à l'habitude de réticence que dans la grande presse le mérite n'a pas été attribué à ceux auxquels il revenait. Nous sommes heureux de pouvoir publier cet article écrit par des personnes aussi autorisées que le Dr Chain et le Professeur Florey.

Il faut revenir à plus de soixante ans en arrière pour trouver la première allusion aux possibilités thérapeutiques qu'offre le phénomène de l'antagonisme microbien. Pasteur et Joubert avaient décrit en 1877 l'action antagoniste de certains organismes contaminants sur la croissance du bacille du charbon.

La première tentative sérieuse d'utilisation d'un antibiotique dans un but thérapeutique fut faite par Emmerich et Loew, en 1899, qui utilisèrent la découverte de Bouchard (1889) de l'antagonisme du bacille pyocyanique, *Pseudomonas pyocyanea*, pour d'autres espèces de bactéries. Ils montrèrent que le milieu de culture sur lequel avait poussé pendant une période assez longue le bacille pyocyanique, avait la propriété de dissoudre ou de tuer de nombreuses bactéries pathogènes. Ils attribuèrent ce phénomène à l'action d'une diastase appelée « pyocyanase ». Ils affirmaient que le charbon expérimental pouvait être guéri par la pyocyanase, et préconisaient son emploi dans le traitement local de la diphtérie et d'autres infections.

Gratia et Dath (1924) décrivirent une substance, l'« actinomycétine », produite par certaines souches d'actinomycètes et capable de lyser certaines bactéries pathogènes. Ils suggéraient (1934) que des suspensions de bactéries lysées par l'actinomycétine pourraient être employées pour l'immunisation et affirmaient que ces « mycolysats » étaient plus efficaces que les vaccins ordinaires.

Dubos démontra en 1939 la présence d'un agent antibactérien dans les filtrats de cultures d'un organisme présent dans le sol et identifié par la suite avec le *Bacillus brevis*. On démontra que cet agent est constitué par deux polypeptides, la gramicidine et la tyrocidine, qui purent être isolées à l'état cristallisé. La « tyrothricine », mélange brut des deux polypeptides, a été utilisée avec quelque succès dans le traitement local des plaies infectées, mais elle est trop toxique pour être employée en application générale.

DÉCOUVERTE DE LA PÉNICILLINE

Un exemple particulièrement frappant d'antagonisme microbien a été découvert en 1929 par le Professeur A. Fleming. Une moisissure verte, un contaminant accidentel provenant de l'air, se développa sur une plaque de gélose qui avait servi à la culture de staphylocoques. Fleming remarqua que les colonies de staphylocoques situées au voisinage de la moisissure contaminante étaient en train de se dissoudre (figure 1). On fit des repiquages successifs de la moisissure afin d'étudier plus en détail son antagonisme vis-à-vis du staphylocoque et d'autres micro-organismes. Fleming montra que la moisissure, qui fut par la suite identifiée avec le *Penicillium notatum* (figure 2), pouvait être cultivée en milieu liquide (bouillon peptoné), et qu'elle sécrétait dans le milieu de culture quelque chose qui inhibait la croissance de nombreuses bactéries pathogènes, même après que le bouillon avait été dilué 800 fois. Les bactéries attaquées comprenaient des germes pathogènes tels que le staphylocoque et le streptocoque qui provoquent quelques-unes des lésions infectieuses les plus destructives chez l'homme; d'autres bactéries telles que le coli-bacille et le bacille typhique n'étaient pas attaquées (figure 3).

Fleming attribua ce pouvoir inhibiteur sur la croissance des bactéries à la présence dans le milieu d'un agent antibactérien qu'il appela pénicilline. Il remarqua également que le bouillon contenant de la pénicilline, injecté à des lapins et à des souris, n'était pas plus toxique que le bouillon ordinaire, et qu'il avait peu d'effet sur les leucocytes.

Fleming se rendit compte que la pénicilline pourrait être une substance très utile comme antiseptique local pour les plaies infectées, et

certaines plaies septiques indolores furent même traitées de cette façon.

Le *P. notatum* n'est pas une moisissure très courante — en fait, il est certainement rare qu'une culture bactérienne soit contaminée par lui. De plus, ainsi que l'ont démontré des travaux ultérieurs (Waksman, 1941; Wilkins et Harris, 1943), beaucoup d'autres moisissures produisent des substances antibactériennes. Les figures 4, 5, 6 et 7 montrent l'inhibition de la croissance du staphylocoque produit respectivement par *P. notatum*, *Aspergillus giganteus*, *Penicillium cyclopium*, et *Aspergillus terreus*. Les substances produites par les deux premières moisissures se sont montrées non-toxiques, tandis que celles des deux dernières sont très toxiques. Ceci met en évidence le fait que ce n'est qu'après extraction de la substance active, et quelquefois seulement après purification très poussée, que l'on peut être certain de ses possibilités thérapeutiques.

A la suite du travail de Fleming, Clutterbuck, Lovell et Raistrick (1932) entreprirent d'isoler la pénicilline. Ils montrèrent que le champignon produisait de la pénicilline en milieu de culture synthétique, et ils pensèrent que ce fait pourrait faciliter son isolement. Ils conclurent que c'était une substance très instable, et, comme on n'avait pas encore réalisé à ce moment là les extraordinaires propriétés de la pénicilline, le travail ne fut pas poursuivi. Ils trouvèrent que la concentration du milieu de culture à 40° C, dans le vide, inactivait la pénicilline; qu'elle pouvait être extraite du milieu de culture par l'éther après acidification; et que l'évaporation de la solution éthérée dans un courant d'air amenait la perte de la plus grande partie de son activité.

Par la suite, l'isolement de la pénicilline, et ses applications en médecine, semblent avoir éveillé peu d'intérêt, Reid (1935) cependant a rapporté quelques expériences qui tendaient à montrer l'instabilité de la substance active.

Bien que la découverte de l'action chimiothérapique de la pénicilline ait éclipsé son utilisation en bactériologie, Fleming trouva (1932) son addition aux milieux de culture très utile, inhibant ainsi la croissance des micro-organismes sensibles tout en ne gênant pas la croissance des espèces non-sensibles. Il est donc possible, par exemple, de débarrasser par ce moyen le bacille de Pfeiffer d'organismes associés tels que le streptocoque. Fleming a utilisé ce milieu de différenciation à des fins variées depuis ses premières observations, car le milieu de culture brut contenant la pénicilline convient aux expériences de bactériologie (Fleming, 1929, 1932; Fleming et Maclean, 1930).

DÉCOUVERTE DES PROPRIÉTÉS CHIMIOTHÉRAPIQUES DE LA PÉNICILLINE

L'un de nous (Goldsworthy et Florey, 1930), intéressé par le problème de l'immunité naturelle, commença à étudier les propriétés et la portée physiologique d'un puissant agent antibactérien naturel, la lysozyme. Cette substance, découverte par Fleming, est très répandue dans la nature, elle est présente dans le blanc d'œuf, dans certaines bactéries, dans certains végétaux, et dans des tissus animaux. Le travail sur la lysozyme fut poursuivi jusqu'à ce qu'il ait été possible de l'obtenir enfin à l'état pur (Roberts, 1937), ce qui permit d'établir sa nature et son mode d'action, qui sont ceux d'une enzyme de dédoublement des hydrates de carbone (Meyer et ses collaborateurs, 1936; Epstein et Chain, 1940). En 1938, au cours de ce travail, les auteurs de cet article estimèrent qu'il pourrait être utile de faire une exploration systématique des propriétés chimiques et biologiques des substances antibactériennes produites par des micro-organismes. Bien que l'existence de telles substances ait été clairement établie dans de nombreux cas, l'on n'avait à cette époque que peu de renseignements sur leurs propriétés chimiques et biologiques, et l'on espérait qu'une étude systématique pourrait conduire à la préparation de nouveaux composés d'un intérêt biologique. Par un heureux hasard, la pénicilline fut choisie parmi plusieurs autres possibilités, pour être étudiée la première, et, en dépit de compte-rendus défavorables sur ses propriétés chimiques, elle présenta des caractères intéressants. Le fait le plus important était le pouvoir de cette substance d'inhiber la croissance du staphylocoque, car l'on ne connaissait aucune substance capable d'exercer une influence sur l'infection staphylococcique. D'après les affirmations de Fleming, et celles de Clutterbuck, Lovell et Raistrick, selon lesquelles des filtrats stériles neutralisés de milieux de culture contenant de la pénicilline pouvaient conserver leur activité antibactérienne pendant plusieurs semaines, il paraissait possible d'arriver à réaliser des conditions permettant d'isoler et de purifier la substance active.

Le premier problème à résoudre pour arriver à isoler la pénicilline, était de trouver une réaction quantitative simple et rapide de ce corps. Le Dr N. G. Heatley mit au point une méthode appropriée (figure 9).

On ensemence une plaque de gélose avec le micro-organisme servant au dosage — c'est généralement le staphylocoque doré — en y versant une culture sur bouillon du germe choisi, on élimine l'excès de liquide, et on sèche la plaque pendant 1–2 heures à l'étuve à 37° C avec le couvercle soulevé. On place alors à la surface de la gélose de courts cylindres de verre ou de porcelaine vitreuse ouverts aux deux extrémités, et l'on y verse les solutions à essayer. Après incubation, la surface de la gélose est couverte d'une pellicule continue de microbes, à l'exception de zones circulaires autour de chaque cylindre, là où la pénicilline a diffusé et inhibé la croissance microbienne. Le diamètre de cette zone est proportionnel à la concentration en pénicilline de la solution contenue dans le cylindre, et l'on peut construire une courbe exprimant leur relation en utilisant des solutions contenant des quantités connues de pénicilline.

Comme dans le cas d'autres agents biologiquement actifs mais dont on ne connait pas le degré de pureté, il s'avéra commode d'exprimer l'activité antibactérienne de la pénicilline par comparaison avec une préparation étalon de cette substance. L'« unité » utilisée au début pour plus de commodité dans ce laboratoire a été adoptée par d'autres chercheurs sous le nom d'« unité Oxford ». A l'origine sa définition était: la quantité de pénicilline contenue dans un centimètre cube d'une certaine solution choisie arbitrairement. Jusqu'au moment où la pénicilline pourra être obtenue sous une forme bien définie, le seul moyen de mesurer en unités Oxford l'activité de préparations liquides ou solides données est de procéder à des essais directs par comparaison avec une préparation contenant un nombre connu de ces unités. On peut avoir une idée approximative de la grandeur de l'unité d'après les données suivantes:

a) La pénicilline pure contient environ 1.000 unités par milligramme.

b) La plupart des souches de staphylocoques sont généralement inhibées par une concentration de 0,01 à 0,05 unités par centimètre cube.

En utilisant la méthode de dosage de Heatley, l'on établit rapidement que la pénicilline était un acide de faible poids moléculaire, soluble et stable dans divers solvants organiques, mais instable en solution aqueuse, sauf entre *p*H 5 et *p*H 7. L'on a pu, en confirmation des résultats obtenus par Clutterbuck, Lovell et Raistrick, extraire la pénicilline par l'éther à un *p*H acide; à partir de la solution éthérée ramenée à un *p*H neutre on pouvait extraire à nouveau par l'eau la pénicilline sous forme de sels. Il n'y avait eu au cours de ces manipulations aucune perte d'activité antibactérienne tant que les solutions étaient restées froides. Ces observations ont été à la base de toutes les méthodes d'extraction utilisées depuis lors. On utilise maintenant le chloroforme et l'acétate d'amyle pour l'extraction et la purification de la pénicilline sur une grande échelle.

On put obtenir à l'état sec, par évaporation dans le vide de la solution aqueuse congelée, un sel de pénicilline qui conservait son activité pendant de longues périodes. Nous savons maintenant que les premières préparations brutes obtenues par extraction de la pénicilline par l'éther et passage en solution aqueuse ensuite, ne contenaient qu'environ 1 pour cent de pénicilline pure. Cependant, même ces préparations très impures inhibaient la croissance du staphylocoque et d'autres bactéries à la dilution de 1 pour 500.000. Cette activité antibactérienne était du même ordre de grandeur que celle des plus puissants antiseptiques, tels que l'acriflavine. Ne réalisant pas à quel point le pouvoir antibactérien de la pénicilline est extraordinaire, nous pensions l'avoir obtenue sous une forme relativement pure, et nous continuâmes nos essais de toxicité sur cette préparation brute. L'injection intraveineuse chez la souris montra que sa toxicité était faible — des souris de 20 g survivaient à une injection de 10 mg de produit avec un effet toxique minime ou nul. On constata également que la pénicilline passait très rapidement dans l'urine des animaux injectés. Après ces résultats encourageants, on décida de se livrer à une épreuve thérapeutique sur une échelle restreinte en traitant huit souris, infectées par du streptocoque hémolytique. Quatre de ces animaux reçurent des injections répétées de la préparation brute de pénicilline, et quatre furent gardés comme témoins. L'une des souris traitées survécut indéfiniment, et les trois autres survécurent plusieurs jours tandis que les animaux non traités étaient morts dans les 24 heures. Cette expérience était suffisamment encourageante pour faire supposer que la pénicilline offrait des possibilités chimiothérapiques, et l'on s'aperçut que l'on pourrait obtenir des résultats plus rapidement en constituant une équipe de chercheurs travaillant en collaboration. Les problèmes les plus urgents étaient: *a*) produire de grandes quantités de pénicilline dont, ainsi qu'on l'avait constaté, la moisissure ne fournissait que de très faibles

quantités; *b*) faire une étude approfondie des propriétés biologiques de la pénicilline; *c*) purifier la pénicilline autant que possible pour étudier sa composition chimique.

Nous avons été particulièrement heureux dans le choix de nos collaborateurs. Le Dr N. G. Heatley trouva et mit au point la méthode d'essai rapide et simple décrite plus haut qui permit de poursuivre avec rapidité le reste du travail, et de plus il organisa et construisit la première installation de laboratoire permettant la culture de la moisissure et l'extraction de la pénicilline sur une grande échelle. Le Dr A. G. Sanders, un peu plus tard, a mis au point et construit un autre appareillage pour l'extraction de la pénicilline sur une plus grande échelle encore. Le Professeur A. D. Gardner a prêté son concours pendant toute la durée du travail pour la partie bactériologique de celui-ci, et le Dr M. A. Jennings s'est occupé des recherches biologiques. Par la suite, le Dr E. P. Abraham s'est joint à nous dans les recherches chimiques. Le Dr C. M. Fletcher et, plus tard, le Dr M. E. Florey, aidés de nombreux médecins et chirurgiens, se sont chargés des observations cliniques, lorsque les recherches en arrivèrent au stade des essais thérapeutiques sur l'homme.

La préparation en grand de la pénicilline à Oxford a été faite par M G. Glister et ses assistants et M J. Kent, L'habileté technique de M D. Callow a été des plus précieuses dans la purification de la pénicilline. M Callow a été aidé dans les dernières phases du travail par M J. B. Burtt.

On utilisa pour la préparation de plus grandes quantités de pénicilline des récipients spéciaux contenant chacun environ 1 litre de milieu de culture. Ce milieu de culture était le milieu synthétique décrit par Clutterbuck, Lovell et Raistrick, additionné de levure pour accélérer la croissance de la moisissure. Les difficultés rencontrées au cours des premiers essais de culture sur une plus large échelle étaient considérables. On s'aperçut que la principale difficulté était due au fait que la contamination par les bactéries atmosphériques est plus fréquente lorsque l'on opère avec des récipients plus grands. Certaines de ces bactéries de l'air produisent une diastase qui détruit la pénicilline (Abraham et Chain, 1940) de telle sorte que leur présence comme contaminants dans le milieu amène la destruction rapide de toute la pénicilline produite par la moisissure. L'importance de cette observation était considérable puisqu'elle expliquait pourquoi il avait été si difficile d'obtenir la pénicilline sur une grande échelle. La manipulation aseptique de grandes quantités nécessite des soins méticuleux, et la plus grande partie du travail dans les firmes commerciales a été consacrée à combattre la contamination par les micro-organismes toujours présents dans l'air.

La préparation brute de pénicilline s'est montrée relativement stable. Lorsque les quantités produites furent plus importantes, on essaya d'obtenir la pénicilline à l'état pur (Abraham et Chain, 1942). On sait maintenant que les préparations brutes de sels de pénicilline sont des mélanges de nombreuses substances variées. Le problème de l'isolement de la pénicilline à partir de ce mélange n'était pas facile à résoudre à cause de son instabilité vis-à-vis de nombreux réactifs chimiques et des solubilités défavorables de l'acide libre et de ses sels. On découvrit que la pénicilline est non seulement détruite par les acides et les alcalis, mais aussi qu'elle est inactivée par de nombreux ions métalliques, notamment le zinc, le cadmium, le cuivre, et le mercure. Les sels alcalins et alcalino-terreux étaient stables mais très solubles dans l'eau, et l'on n'avait pu trouver aucun cation organique capable de former avec la pénicilline un sel relativement insoluble qui puisse servir à la purification. La pénicilline était également détruite par les alcools primaires, les amines primaires, les réactifs cétoniques et les agents d'oxydation; elle s'est cependant montrée stable vis-à-vis de la réduction par différents agents réducteurs.

Les méthodes utilisables pour la purification de la pénicilline étaient donc limitées à celle du partage entre différents solvants, et aux méthodes d'adsorption. On a largement utilisé, et cela avec succès, la chromatographie. Grâce à une combinaison appropriée de partage entre plusieurs solvants, de diverses méthodes chromatographiques, et d'un procédé de réduction par l'amalgame d'aluminium (qui n'attaque pas la pénicilline mais modifie la solubilité et le comportement chromatographique des impuretés), il a été possible d'obtenir des sels de baryum ayant une activité d'environ 1.000 unités Oxford par milligramme. L'on a pu obtenir récemment des préparations cristallisées de sels de pénicilline, et il semble donc que l'on ait atteint la limite de purification.

Les recherches sur la composition de la pénicilline ont été poursuivies à Oxford depuis 1942 à la « Sir William Dunn School of Pathology », par E. P. Abraham et E. Chain en collaboration

avec le Dr Wilson Baker et Sir Robert Robinson au Laboratoire Dyson Perrins. De nombreux autres chercheurs en Angleterre et en Amérique se sont par la suite attaqués à leur tour à différents aspects du problème, et notamment à la question de la production et de la purification.

Les préparations les plus pures de pénicilline ont inhibé la croissance du staphylocoque à la dilution étonnante de 1 pour 50 millions, et l'on a obtenu une inhibition partielle nette à une dilution de 1 pour 150 millions. Le gonocoque et le méningocoque se sont montrés deux fois plus sensibles que le staphylocoque. Le Tableau I illustre l'activité comparée de la pénicilline vis-à-vis d'une grande variété de bactéries. Les résultats rapportés sont d'accord avec ceux obtenus par Fleming avec la préparation brute originale de milieu de culture contenant de la pénicilline, le groupe important des agents de la gangrène gazeuse s'est ajouté aux espèces sensibles et le bacille tuberculeux aux espèces non-sensibles. Il est à noter que l'*Actinomyces bovis* s'est montré sensible. Les chiffres de ce tableau n'ont qu'une valeur comparative car ils ont été obtenus à l'aide d'expériences effectuées avec de la pénicilline brute. (La figure 8 illustre un essai type de dilution.)

Le pouvoir antibactérien extraordinaire de la pénicilline ne suffirait pas à faire de cette substance un produit unique, car Waksman et Woodruff (1941) ont isolé de filtrats de culture d'un actinomycète un agent antibactérien, l'actinomycine A, dont l'activité est presque égale à celle de la pénicilline. Mais tandis que l'actinomycine A est extrêmement toxique pour les animaux, la toxicité de la pénicilline, même à très fortes doses, est très faible ou nulle. Des souris de 20 g ont supporté sans aucun inconvénient notable l'injection intra-veineuse de 20 mg d'une préparation de pénicilline contenant 325 unités par milligramme, et d'autre part, Hobby et ses collaborateurs (1942) ont trouvé que la dose mortelle pour des souris de 18 g était d'environ 30 mg d'un sel de sodium contenant 250 unités par milligramme. Cette absence de toxicité existe aussi pour les préparations moins pures. Il est extraordinaire et très heureux que la toxicité des impuretés soit aussi faible, car grâce à cela il a été possible d'utiliser en clinique la pénicilline sous forme brute sans avoir recours à un processus de purification compliqué. On emploie couramment pour des usages cliniques de toutes sortes, des préparations de pénicilline contenant environ 100 unités par milligramme, mais la plupart des premières recherches pharmacologiques et biologiques ont été faites à l'aide de préparations de pénicilline beaucoup moins pures, contenant environ 40 unités par milligramme.

Après avoir constaté l'innocuité de grandes quantités de pénicilline administrées par voie intra-veineuse, on démontra *in vitro* son absence de toxicité vis-à-vis d'importants types cellulaires particuliers. Par exemple, des suspensions de leucocytes supportaient une solution à 1/1.000 de substance à 40 unités (capable d'inhiber la croissance du staphylocoque à la dilution de 1/1 million), et par la suite on constata qu'elles supportaient une solution à 1/100 de substance à 250 unités par milligramme (inhibant la croissance du staphylocoque à une dilution de 1/25 millions). Il est possible d'apprécier l'importance de ce fait si l'on réalise que l'organisme se défend en grande partie contre l'infection microbienne grâce aux leucocytes — alliés mobiles qui absorbent et tuent les bactéries. Ces expériences ont démontré plus encore le fait important que l'augmentation de la pureté diminuait la toxicité. L'étude d'une culture de tissu, entreprise par P. Madawar et F. Jacobi, permit de donner une autre preuve de la non-toxicité des préparations de pénicilline (contenant dans ce cas environ 40 unités par milligramme). Des fibroblastes, des cellules épithéliales, et des monocytes étaient capables de se multiplier après avoir été immergés pendant 48 heures dans une solution à 1/2.000. Il fut établi par de nombreuses expériences pharmacologiques que la pénicilline, administrée à des doses suffisantes pour produire dans le sang une concentration antibactérienne, n'affecte ni la pression artérielle, ni le fonctionnement cardiaque, ni la respiration chez le chat. On a pu l'injecter directement dans le cerveau et le liquide céphalo-rachidien du lapin sans déterminer aucun symptome toxique.

Il était important de savoir si la pénicilline était détruite dans l'organisme ou par les constituants tissulaires. On trouva que la présence de sang, de pus, de produits d'autolyse des tissus, ou de produits d'hydrolyse des protéines ne diminuait en rien l'activité antibactérienne de la pénicilline. La pénicilline était en grande partie rapidement éliminée par les reins, ce qui indiquait que sa destruction dans l'organisme avait été relativement faible.

Le nombre de bactéries présentes n'avait aucune influence, dans des limites assez larges, sur l'activité antibactérienne de la pénicilline. Ce fait,

TABLEAU I

DILUTIONS AUXQUELLES L'ACTION INHIBITRICE DE LA PÉNICILLINE A PU ÊTRE OBSERVÉE
(Abraham et ses collaborateurs, 1941)

Espèces bactériennes	Nbre de souches	Dilutions auxquelles les effets inhibiteurs ont été observés			Remarques
		Total	Partiel	Nul	
N. gonorrhoeae[1]	6	2.000.000	>2.000.000	>2.000.000	—
N. meningitidis	1	1.000.000	2.000.000	4.000.000	—
Staph. aureus	4	1.000.000	2.000.000	4.000.000	—
Strep. pyogenes	3	1.000.000	2.000.000	4.000.000	—
B. anthracis	1	1.000.000	2.000.000	4.000.000	—
A. bovis (*hominis*)	1	1.000.000	2.000.000	4.000.000	Culture en profondeur par agitation, gélose glucosée.
Cl. tetani[2]	1	1.000.000	—	—	La limite n'a pas été observée.
Cl. welchii	1	1.500.000	—	—	La limite n'a pas été observée.
Cl. septique	1	300.000	1.500.000	7.500.000	On a employé une dilution 5 fois plus grande.
Cl. oedematiens	1	300.000	—	1.500.000	Inoculation par spores.
Strep. viridans[3]	2	625.000	—	3.125.000	Voir les autres souches plus bas.
Pneumocoque[3]	6	250.000	500.000	1.000.000	3 du type 1; 1 de chacun des types 3, 7 et 9. Quelques inhibitions totales à 500.000.
C. diphtheriae (*mitis*) ..	1	125.000	—	625.000	Les dilutions intermédiaires n'ont pas été essayées.
C. diphtheriae (*gravis*) ..	1	32.000	64.000	128.000	—
S. gärtneri	1	20.000	40.000	80.000	—
S. typhi	2	10.000	30.000	90.000	Représente le plus élevé des deux résultats.
Pneumocoque[3]	3	9.000	—	27.000	Types 1, 7 et 19.
Streptocoque anaérobie[3]	1	4.000	8.000	16.000	—
Proteus	3	4.000	32.000	60.000	Ce sont les meilleures souches. Les autres sont 4 fois moins sensibles.
Strep. viridans[3]	1	4.000	8.000	16.000	—
Past. pestis	2	1.000	100.000	500.000	Inhibition partielle entre 1.000 et 100.000.
S. typhimurium	1	< 1.000	8.000	16.000	Partielle 1.000–8.000.
S. paratyphi B	2	< 1.000	5.000	10.000	Partielle 1.000–5.000.
Bact. dysenteriae Shiga ..	1	2.000	4.000	8.000	—
Br. abortus	1	2.000	4.000	8.000	—
Br. melitensis	1	< 1.000	2.500	10.000	—
Streptocoque anaérobie..	1	< 4.000	< 4.000	4.000	—
V. cholerae	1	< 1.000	1.000	2.000	—
Bact. coli	5	< 1.000	< 1.000	1.000	Pour une souche inhibition complète à 200, nulle à 400.
B. friedländeri	1	< 1.000	< 1.000	1.000	—
Ps. pyocyanea	2	< 1.000	< 1.000	1.000	—
Myco. tuberculosis ..	1	< 1.000	< 1.000	1.000	Voir texte.
L. icterohaemorrhagiae ..	1	< 3.600	< 3.600	3.600	Les dilutions plus faibles n'ont pas été essayées.

[1]Une autre souche n'a été inhibée que jusqu'à 32.000. [2]Cultivé sur bouillon Lemco. Sur bouillon de bœuf, l'inhibition totale atteignit seulement 100.000. [3]Pour le *Pneumococcus*, le *Strep. viridans*, et les streptocoques anaérobie on trouve différentes souches à des niveaux différents sur le tableau. [*A.* = *Actinomyces*; *Br.* = *Brucella*; *C.* = *Coryne bacterium*; *Cl.* = *Clostridium*; *L.* = *Leptospira*; *Myco.* = *Mycobacterium*; *N.* = *Neisseria*; *Past.* = *Pasteurella*; *Ps.* = *Pseudomonas*; *S.* = *Salmonella*; *V.* = *Vibrio*.]

ajouté à l'insensibilité de la pénicilline à la présence de produits de décomposition des tissus, lui donne un grand avantage sur les sulfamides dont l'action est entravée par la présence de produits de dégradation des protéines ou d'un très grand nombre de bactéries.

La pénicilline, même en solutions très concentrées, ne tue pas immédiatement les bactéries,

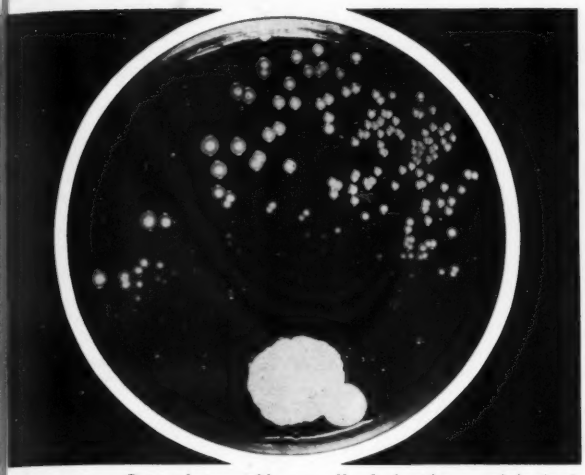


FIGURE 1 – *Cette photographie est celle de la plaque originale de Fleming, portant la moisissure contaminante. Toute la pénicilline produite dans le monde jusqu'à une époque récente provenait des descendants de cette moisissure. Remarquer la disparition des colonies de staphylocoque au voisinage de la moisissure.*

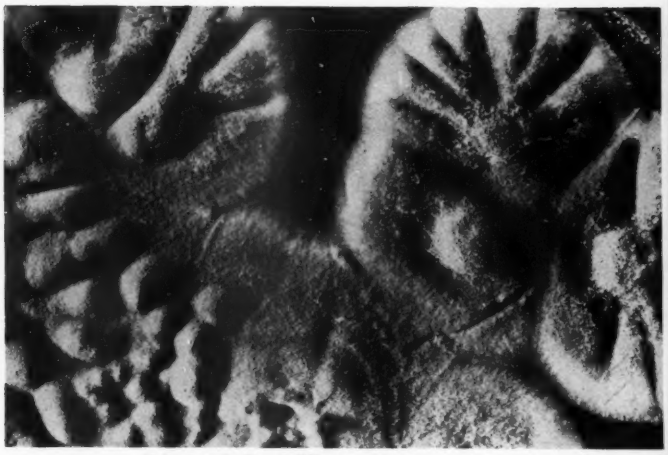


FIGURE 2 – *Colonies de* Penicillium notatum *poussant sur gélose nutritive. (Grossies 1 fois et demie.)*

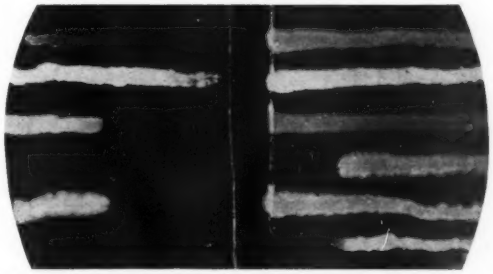


FIGURE 3 – *Plaque de gélose préparée selon la méthode de Fleming. On découpe une gouttière dans une plaque de gélose nutritive et on la remplit de gélose fondue contenant de la pénicilline. La pénicilline diffuse dans le reste de la gélose jusqu'à une certaine distance de sa ligne de départ. On ensemence la gélose en traînées avec diverses espèces de bactéries. Celles qui ne sont pas sensibles à la pénicilline poussent jusqu'au bord de la gouttière. Celles qui sont sensibles ne peuvent pousser là où la pénicilline a diffusé et ne vont pas jusqu'à la gouttière.*

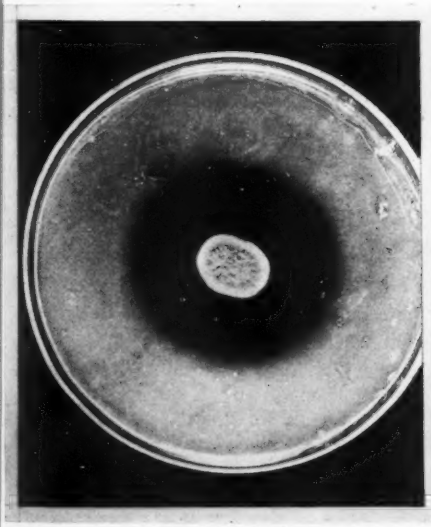


FIGURE 4 – *Culture de* Penicillium notatum *(au centre) sur gélose. Après avoir laissé la moisissure croître pendant quelques jours la plaque fut ensemencée avec du staphylocoque. On voit une zone libre dans laquelle le staphylocoque n'a pas poussé.*

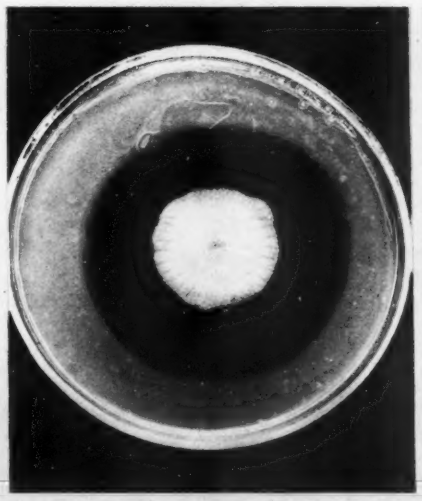


FIGURE 5 – *Culture d'*Aspergillus giganteus *traitée de la même façon que celle de la figure 4. Cette moisissure produit une substance analogue à la pénicilline.*

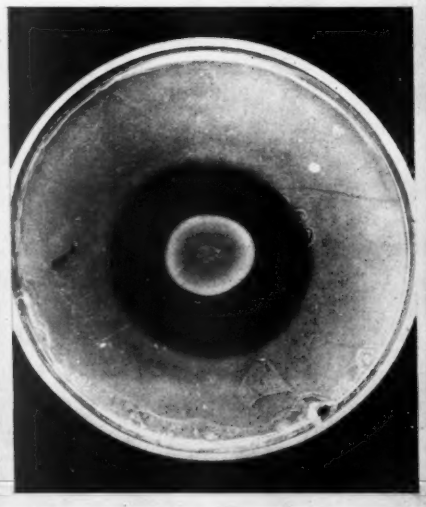


FIGURE 6 – *Culture de* Penicillium cyclopium *traitée comme celle de la figure 4. Cette moisissure produit de l'acide pénillique (sans aucune parenté avec la pénicilline) qui est toxique.*

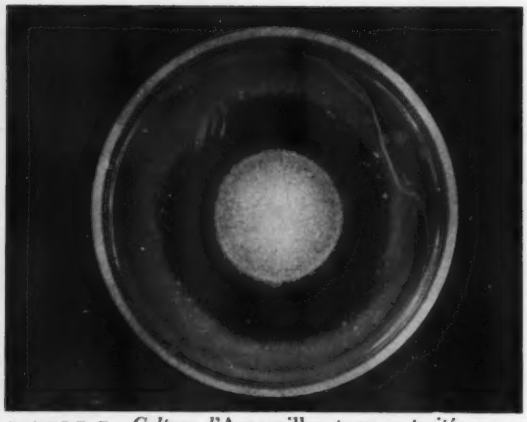


FIGURE 7 – *Culture d'*Aspergillus terreus *traitée comme celle de la figure 4. Cette moisissure produit de l'acide terreique qui est toxique.*

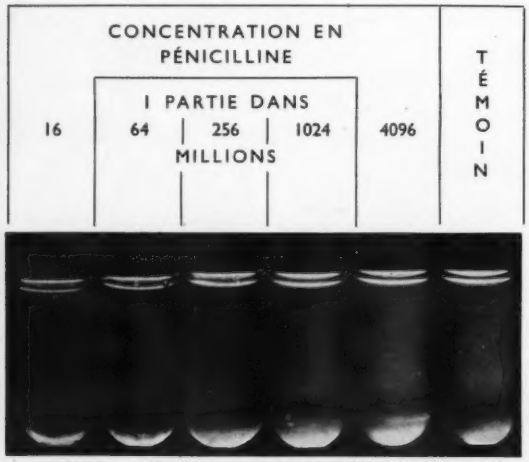


FIGURE 8 – *Dilutions en série de pénicilline dans du bouillon contenant du staphylocoque. La croissance des bactéries dans les tubes de gauche a été empêchée par la pénicilline. Cette méthode peut être utilisée pour le dosage.*

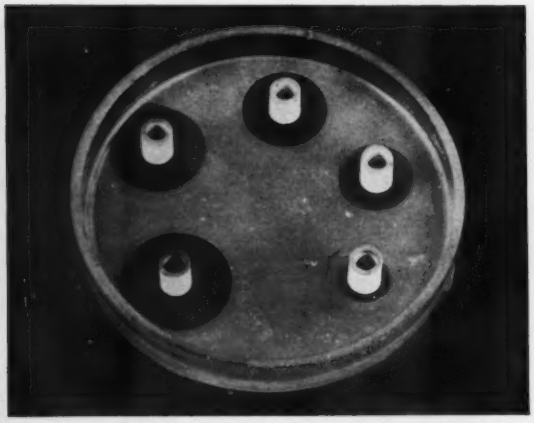


FIGURE 9 – *Méthode d'essai de Heatley. Des cylindres de porcelaine sont posés à la surface d'un milieu de culture gélosé qui a été abondamment ensemencé avec du staphylocoque. Les solutions de pénicilline sont placées dans les cylindres et diffusent dans la gélose, causant une inhibition de la croissance bactérienne. La taille de la zone circulaire d'inhibition est proportionnelle à la quantité de pénicilline présente.*

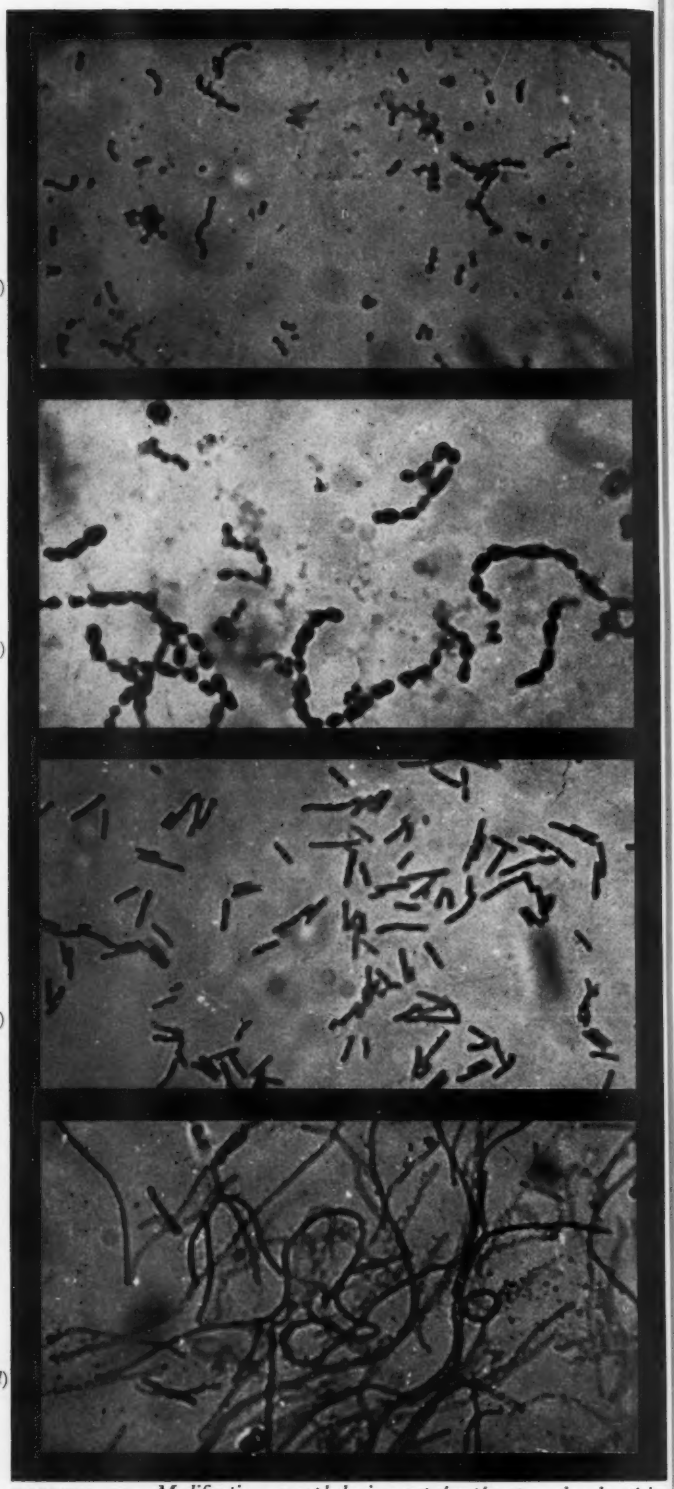


FIGURE 10 – *Modifications morphologiques présentées par des bactéries cultivées dans une concentration en pénicilline insuffisante pour arrêter la croissance.*

(*a*) *Streptocoque normal.* (× 1.000.)
(*b*) *Streptocoque traité à la pénicilline.* (*Même grossissement.*)
(*c*) *Bacille typhique normal.* (× 1.000.)
(*d*) *Bacille typhique traité à la pénicilline.* (*Même grossissement.*)

(*Nous sommes redevables des préparations au Dr M. A. Jennings, et des photographies au Dr A. G. Sanders et à M. H. Axtell.*)

mais se borne à inhiber leur croissance. Ceci a été établi par les méthodes bactériologiques ordinaires et par la démonstration du fait que la respiration du staphylocoque n'était pas affectée pendant plusieurs heures par la présence d'une solution forte de pénicilline. On peut concevoir que l'action principale de la pénicilline contre les bactéries dans l'organisme animal consiste à inhiber leur multiplication. Ceci a une grande importance pour les applications cliniques de la pénicilline, car il est nécessaire de maintenir la pénicilline en contact avec les bactéries pendant un temps suffisant pour permettre aux leucocytes de remplir leurs fonctions. On n'a pu encore déterminer exactement par quel mécanisme la pénicilline entrave la division microbienne. Gardner (1940) a constaté un phénomène intéressant en relation avec l'inhibition de la croissance bactérienne, il s'agissait de la production de formes géantes lorsque des bactéries sensibles étaient cultivées dans une concentration en pénicilline insuffisante pour supprimer complètement la croissance. Le même phénomène s'est manifesté pour des bactéries relativement insensibles telles que le bacille typhique. Ceci démontre morphologiquement l'action de la pénicilline intervenant dans le mécanisme de division des bactéries (figure 10).

La pénicilline s'est montrée immédiatement absorbée après injection intra-musculaire ou sous-cutanée, mais pas après administration par voie buccale, puisqu'elle est détruite par l'acide

TABLEAU II

RÉSULTATS D'ESSAIS THÉRAPEUTIQUES SUR DES SOURIS INFECTÉES PAR du *Strep. pyogenes*, du *Staph. aureus* et du *Cl. septique*

(D'après Chain et ses collaborateurs, 1940)

Exp.	—	Dose de culture infectante (cc)	Intervalle entre infection et début du traitement (h)	Durée du traitement	Dose par injection (mg)	Dose totale (mg)	Nbre de souris	Survivants après heures 6	12	24	jours 2	3	4	5	6	7	8	9	10
							Strep. pyogenes—Lancefield, Gpe. A												
1	Témoins	0,5	—	—	—	—	25	—	15	9	8	6	—	5	—	4	—	—	4[1]
	Traités	0,5	1	12 h.	2	10,0	50	—	—	—	49	42	—	34	30	28	—	26	25
2	Témoins	0,5[2]	—	—	—	—	25	24	3	0[3]	—	—	—	—	—	—	—	—	0
	Traités	0,5	2	45 h.	0,5	7,5	25	24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	24
							Staph. aureus[4]												
1	Témoins	1,0	—	—	—	—	24	21	1	0[3]	—	—	—	—	—	—	—	—	0
	Traités	1,0	1	55 h.	0,5	9,0	25	25	12	—	11	—	10	—	—	—	—	—	8
2	Témoins	0·2[2]	—	—	—	—	24	23	15	5	0	—	—	—	—	—	—	—	0
	Traités	0,2	1	4 jours	0,5	11,5	24	—	23	22	—	—	21	—	—	—	—	—	21
							Cl. septique												
1	Témoins	Voir texte	—	—	—	—	25	—	21	0[5]	—	—	—	—	—	—	—	—	0
	Traités	—	1	10 jours	0,5	19	25	—	—	24	21	—	18	—	—	—	—	—	18
		—	1	10 jours	1,0	38	25	—	—	—	—	—	24	—	—	—	—	—	24

[1]Une souris témoin tuée par erreur après 24 heures est comptée comme ayant survécu. Culture de sang prélevé dans le cœur fortement positive. [2]Entre les expériences 1 et 2 la virulence des germes avait été augmentée par passage. [3]Témoins tous morts en 16 heures. [4]Souche bovine extrêmement virulente pour la souris, elle nous a été obligeamment fournie par le Dr H. J. Parish des Laboratoires Wellcome. [5]Témoins tous morts en 17 heures.

chlorhydrique du suc gastrique. Elle est néanmoins absorbée au niveau de l'intestin grêle, mais pas dans le colon où elle est probablement détruite par les bactéries. Elle est excrétée dans la salive et dans la bile, mais ne passe pas directement du sang dans le liquide céphalo-rachidien.

Après avoir établi toutes les propriétés biologiques décrites ci-dessus, il parut très vraisemblable que la pénicilline, à doses convenables, pourrait avoir *in vivo* des propriétés chimiothérapiques remarquables contre les micro-organismes sensibles. Une série d'expériences sur la souris démontra qu'il en était bien ainsi, les résultats sont donnés dans le Tableau II.

Ces expériences sur des animaux ont démontré clairement que la pénicilline n'était pas seulement un « antiseptique », comme l'avait suggéré Fleming, mais était aussi un agent chimiothérapique de toute première importance. Mais l'évaluation finale de sa valeur en médecine dépendait de la possibilité de son utilisation pour la guérison de maladies spontanées chez l'homme.

Tout le travail sur la pénicilline a été continuellement gêné par la difficulté de se procurer suffisamment de ce produit, et c'était un grand pas que de passer de la souris à l'homme. Enfin, au bout de quelques mois, on réussit à accumuler assez de matériel pour un essai sur l'homme.

La première injection faite fut l'injection intraveineuse de 100 mg de la même préparation qui avait été employée dans les expériences de protection de la souris et contenant environ 10 unités par milligramme. Un peu plus d'une heure après, le malade eut un accès de frissons et une élévation de température. La répétition des injections donna des résultats semblables; il était donc clair que la pénicilline brute contenait une substance pyrétogène. On s'aperçut qu'il était possible d'éliminer cette substance par séparation chromatographique. Bien que la quantité de pénicilline nécessaire pour les deux premiers cas d'infection grave ait été sous-estimée, on obtint de bonnes indications d'amélioration dans un cas d'infection par le staphylocoque et un autre dû au streptocoque. Quatre autres cas, dont deux avec infection grave, répondirent au traitement de façon si encourageante, qu'il devint impérieux de se procurer de plus grandes quantités de pénicilline (Abraham et ses collaborateurs, 1941).

Au moment où la plupart des difficultés ont pu être surmontées, il est intéressant de jeter un coup d'œil en arrière sur cette époque où la plupart des gens regardaient comme impossible l'emploi de la pénicilline en thérapeutique en raison de sa prétendue instabilité, et de l'énorme volume de milieu de culture ainsi que de la quantité de travail nécessités par sa préparation. Le travail fut néanmoins poursuivi, et il fut possible avec de la pénicilline produite en partie à Oxford et en partie par les Imperial Chemical Industries, de soigner quinze cas d'infection grave, la plupart des malades ayant reçu toutes les formes de traitement appropriées avant que l'on employât la pénicilline (Florey et Florey, 1943). Au cours de cet essai clinique la posologie et le mode d'emploi furent mis au point, et il est intéressant de constater que les doses et le mode de traitement auxquels on est arrivé d'après un grand nombre de cas traités récemment en Amérique, sont pratiquement les mêmes que ceux que l'on avait proposés à l'origine (Keefer et ses collaborateurs, 1943).

Pour le traitement d'infections généralisées graves causées par des germes tels que le staphylocoque et le streptocoque, la pénicilline doit parvenir à la lésion par le courant sanguin, aussi est-elle administrée par voie intra-veineuse ou intramusculaire; mais dans beaucoup de lésions infectieuses, il est possible d'utiliser des solutions ou d'autres préparations en applications locales sur la région infectée, ce qui permet une grande économie. On a mis au point les doses et les méthodes d'application locale (Florey et Florey, 1943; Clark et ses collaborateurs, 1943; Bodenham, 1943; Florey, M. E., et Williams, 1944). L'application locale s'est montrée, dans plusieurs centaines de cas, capable de débarrasser les lésions des germes pathogènes sensibles, favorisant ainsi la cicatrisation et la remise en fonction des tissus atteints.

On a des raisons de croire qu'il n'est pas possible de maîtriser toutes les infections, même causées par un germe tel que le staphylocoque. Abraham et ses collaborateurs ont trouvé (1941) qu'il est possible d'habituer des bactéries à pousser dans la pénicilline. Elles deviennent ainsi résistantes à la pénicilline tout comme certains streptocoques deviennent résistants aux sulfamides et par conséquent réfractaires au traitement. Cette production de souches résistantes à la pénicilline a été récemment confirmée (Rammelkamp et Maxon, 1942; McKee et Houck, 1943). De plus, certaines souches de staphylocoque doré sont naturellement résistantes. Scott Thomson (1943) a montré récemment que celles-ci représentent environ 4 pour cent des staphylocoques rencontrés dans les plaies de guerre. D'autre part, des souches

bactériennes qui sont devenues résistantes aux sulfamides restent sensibles à la pénicilline.

Les chercheurs américains (Herrell, 1943; Keefer et ses collaborateurs, 1943) ont largement confirmé les remarquables effets chimiothérapiques de la pénicilline dans les infections locales et générales, et la situation peut être résumée de la façon suivante: si un micro-organisme est très sensible *in vitro* à l'action de la pénicilline, on pourra obtenir *in vivo* un effet curatif si une dose suffisante de celle-ci est administrée par une technique appropriée et pendant un temps suffisamment long. Les cas où les valvules cardiaques sont infectées peuvent constituer une exception.

Il devient donc de plus en plus evident que la pénicilline occupe actuellement une place unique parmi les antibiotiques puisqu'elle combine un grand pouvoir antibactérien avec une toxicité très faible. Le Tableau III donne une sélection des antibiotiques découverts et décrits jusqu'à présent.

En dehors de la pénicilline, le seul des antibiotiques étudiés jusqu'ici, et qui mérite d'attirer l'attention comme agent chimiothérapique, est l'acide helvolique. Cette substance possède plusieurs propriétés favorables telles que la stabilité, une toxicité faible vis-à-vis des leucocytes et des cultures de tissus et une toxicité relativement faible après une seule injection intraveineuse, mais son administration prolongée cause des lésions hépatiques graves. Les souches de staphylocoques naturellement résistantes à la pénicilline sont tout-à-fait sensibles à l'acide helvolique.

Il est naturel que les drogues nouvelles et puissantes soient utilisées tout d'abord pour le traitement de cas avancés et désespérés, et il en a été ainsi dans l'ensemble pour la pénicilline employée par voie parentérale. Maintenant que son action thérapeutique et son absence de toxicité sont généralement reconnues, il ne devrait y avoir aucune difficulté dans l'utilisation de cette substance le plus rapidement possible, et mieux encore à titre préventif. Le seul obstacle à l'application répandue est la rareté du produit. Les firmes commerciales et autres, font actuellement de grands efforts, en Amérique aussi bien qu'en Grande-Bretagne, pour augmenter la production en améliorant le rendement des cultures et les

TABLEAU III

Antibiotique	Source	Auteurs	Micro-organismes affectés
Gramicidine	*Bacillus brevis*	Dubos, 1939	Surtout Gram-positifs
Actinomycétine ..	*Actinomyces albus*	Gratia et Dath, 1924	Gram-positifs et Gram-négatifs
Actinomycine A et B	*Actinomyces antibioticus*	Waksman et Woodruff, 1941	Surtout Gram-positifs
Proactinomycine ..	*Proactinomyces Gardner*	Gardner et Chain, 1942	Surtout Gram-positifs
Streptothricine ..	*Actinomyces lavendulae*	Waksman et Woodruff, 1942	Gram-positifs et Gram-négatifs
Gliotoxine	*Trichoderma lignorum*	Weindling et Emerson, 1936	Gram-positifs et Gram-négatifs
Acide pénillique ..	*Penicillium puberulum*	Alsberg et Black, 1913	Gram-positifs et Gram-négatifs
	Penicillium cyclopium	Oxford, Raistrick et Smith, 1942	Gram-positifs et Gram-négatifs
Claviformine[1].. ..	*Penicillium claviforme*	Chain, Florey et Jennings, 1942	Gram-positifs et Gram-négatifs
Citronine	*Penicillium citrinum*	Raistrick et Smith, 1941	Surtout Gram-positifs
Fumigatine	*Aspergillus fumigatus*	Oxford, 1942	Surtout Gram-positifs
Fumigacine	*Aspergillus fumigatus*	Waksman, Horning et Spencer, 1943	Gram-positifs
Clavacine	*Aspergillus clavatus*	Waksman, Horning et Spencer, 1943	Gram-positifs et Gram-négatifs
Acide aspergillique ..	*Aspergillus flavus*	White et Hill, 1943	Gram-positifs et Gram-négatifs
Acide helvolique ..	*Aspergillus fumigatus*	Chain, Florey, Jennings et Williams, 1943	Gram-positifs

[1]La patuline, décrite récemment par Raistrick et ses collaborateurs (1943), est identique à la claviformine (Chain et ses collaborateurs, 1942, 1944; Crowfoot et Low, 1944). Les rapports sur son efficacité contre le rhume sont disputés (Stuart-Harris et ses collaborateurs, 1943).

méthodes d'extraction. Mais, bien qu'il soit possible d'arriver à obtenir de grandes quantités par ces moyens, il semble probable que la meilleure façon de subvenir aux énormes besoins sera par la synthèse de la substance active. On peut concevoir que si cela est réalisé, on pourra produire par manipulation chimique de nombreux produits voisins, et de cette façon modifier les propriétés de la pénicilline, comme cela a été fait pour les sulfamides.

BIBLIOGRAPHIE

[1] Abraham, E. P.; Baker, W.; Chain, E.; et Robinson, R. *Nature, Lond.*, 1943, **151**, 107.

[2] Abraham, E. P., et Chain, E. *Nature, Lond.*, 1940, **146**, 837.

[3] *Idem. Brit. J. exp. Path.*, 1942, **23**, 103.

[4] Abraham, E. P.; Chain, E.; Fletcher, C. M.; Florey, H. W.; Gardner, A. D.; Heatley, N. G.; et Jennings, M. A. *Lancet*, 1941, **ii**, 177.

[5] Bodenham, D. C. *Lancet*, 1943, **ii**, 725.

[6] Bouchard, L. *C. R.*, 1889, **108**, 713.

[7] Bush, M. T., et Goth, A. *J. Pharmacol.*, 1943, **78**, 164.

[8] Chain, E.; Florey, H. W.; Gardner, A. D.; Heatley, N. G.; Jennings, M. A.; Orr-Ewing, J.; et Sanders, A. G. *Lancet*, 1940, **ii**, 226.

[9] Chain, E.; Florey, H. W.; et Jennings, M. A. *Brit. J. exp. Path.*, 1942, **23**, 202.

[10] *Idem. Lancet*, 1944, **i**, 112.

[11] Clark, A. M.; Colebrook, L.; Gibson, T.; Thomson, M. L.; et Foster, A. *Lancet*, 1943, **i**, 605.

[12] Clutterbuck, P. W.; Lovell, R.; et Raistrick, H. *Biochem. J.*, 1932, **26**, 1907.

[13] Crowfoot, D., et Low, B. 1944. (*Voir* [10].)

[14] Dubos, R. J. *J. exp. Med.*, 1939, **70**, 1 et 11.

[15] Duffin, W. M., et Smith, S. *Nature, Lond.*, 1943, **151**, 251.

[16] Emmerich, R., et Loew, C. *Z. Hyg. InfektK.*, 1899, **31**, 1.

[17] Epstein, L. A., et Chain, E. *Brit. J. exp. Path.*, 1940, **21**, 339.

[18] Fleming, A. *Brit. J. exp. Path.*, 1929, **10**, 226.

[19] *Idem. J. Path. Bact.*, 1932, **35**, 831.

[20] Fleming, A., et Maclean, I. H. *Brit. J. exp. Path.*, 1930, **11**, 127.

[21] Florey, M. E., et Florey, H. W. *Lancet*, 1943, **i**, 387.

[22] Florey, M. E., et Williams, R. *Lancet*, 1944, **i**, 73.

[23] Gardner, A. D. *Nature, Lond.*, 1940, **146**, 837.

[24] Goldsworthy, N. E., et Florey, H. *Brit. J. exp. Path.*, 1930, **11**, 192.

[25] Gratia, A., et Dath, S. *C. R. Soc. Biol.*, 1924, **91**, 1442; *Bull. Acad. roy. Méd. Belg.*, 1934, **14**, 285.

[26] Heatley, N. G. *Biochem. J.*, 1944, **38**, 61.

[27] Herrell, W. E. *Proc. Staff Meet. Mayo Clin.*, 1943, **18**, 65.

[28] Hobby, G. L.; Meyer, K.; et Chaffee, E. *Proc. Soc. exp. Biol., N.Y.*, 1942, **50**, 285.

[29] Keefer, C. S.; Blake, F. G.; Marshall, E. K.; Lockwood, J. S.; et Wood, W. B. *J. Amer. med. Ass.*, 1943, **122**, 1217.

[30] McKee, C. M., et Houck, C. L. *Proc. Soc. exp. Biol., N.Y.*, 1943, **53**, 33.

[31] Meyer, K.; Palmer, J. W.; Thomson, R.; et Khorazo, D. *J. biol. Chem.*, 1936, **113**, 479.

[32] Much, H. *Med. Klin.*, 1924, **20**, 347.

[33] Pasteur, L., et Joubert. *C. R. Acad. Sci., Paris*, 1877, **85**, 101.

[34] Philpot, F. *Nature, Lond.*, 1943, **152**, 725.

[35] Raistrick, H.; Birkinshaw, J. H.; Michael, S. E.; Bracken, A.; Gye, W. E.; Hopkins, W. A.; et Greenwood, M. *Lancet*, 1943, **ii**, 625.

[36] Rammelkamp, C. H., et Maxon, T. *Proc. Soc. exp. Biol., N.Y.*, 1942, **51**, 386.

[37] Reid, R. D. *J. Bact.*, 1935, **29**, 215.

[38] Roberts, E. A. H. *Quart. J. exp. Physiol.*, 1937, **27**, 89.

[39] Stuart-Harris, C. H.; Francis, A. E.; et Stansfeld, J. M. *Lancet*, 1943, **ii**, 684.

[40] Thomson, Scott. 1943. (Inédit.)

[41] Waksman, S. *Bact. Rev.*, 1941, **5**, 231.

[42] Waksman, S. A.; Horning, E. S.; Welsch, M.; et Woodruff, H. B. *Soil Sci.*, 1942, **54**, 281 (note au bas de la page 290).

[43] Waksman, S. A., et Woodruff, H. B. *J. Bact.*, 1941, **42**, 231.

[44] Wilkins, W. H., et Harris, G. C. M. *Brit. J. exp. Path.*, 1942, **23**, 166; 1943, **24**, 141.

RÉFÉRENCES SUPPLÉMENTAIRES À AUTRES ANTIBIOTIQUES (*voir* le Tableau 3)

[45] Alsberg, C. L., et Black, O. F. *U.S. Dept. Agric. Bur. Plant Ind.*, 1913, *Bull. No.* 270.

[46] Chain, E., et Florey, H. W.; Jennings, M. A.; et Williams, T. I. *Brit J. exp. Path.*, 1943, **24**, 108.

[47] Gardner, A. D., et Chain, E. *Ibid.*, 1942, **23**, 123.

[48] Oxford, A. E. *Chem. Ind. Rev.*, 1942, **61**, 128.

[49] Oxford, A. E.; Raistrick, H.; et Smith, G. *Ibid.*, 1942, **61**, 22.

[50] Waksman, S. A.; Horning, E. S.; et Spencer, E. L. *J. Bact.*, 1943, **45**, 233.

[51] Waksman, S. A., et Woodruff, H. B. *Proc. Soc. exp. Biol., N.Y.*, 1942, **49**, 207.

[52] Weindling, R., et Emerson, O. *Phytopathology*, 1936, **26**, 1068; et **27**, 1175.

[53] White, E. C., et Hill, J. H. *J. Bact.*, 1943, **45**, 433.

Henry Thomas de la Beche et son influence sur la géologie

F. J. NORTH

La Grande-Bretagne a été le premier pays du monde à entreprendre officiellement l'étude géologique de son sol, et est encore maintenant celui qui possède à ce sujet la documentation la meilleure et la plus complète. La plus grande partie du travail initial est due à Sir Henry Thomas de la Beche dont, sans raison apparente, personne n'a jamais écrit la biographie. Le Dr North décrit ici les circonstances dans lesquelles le service d'inspection géologique prit naissance.

Le Service d'Inspection Géologique de Grande-Bretagne fut la première organisation officielle de ce genre dans le monde. Se rattachant directement ou indirectement à l'exploitation minière, l'art de l'ingénieur, la construction, l'approvisionnement en eau, l'agriculture et l'industrie, il a contribué au développement de nos connaissances sur la géologie de la Grande-Bretagne dans une mesure bien plus large que n'aurait pu le faire l'initiative privé.

D'après *The First Hundred Years of the Geological Survey of Great Britain* par Sir J. S. Flett (1937), nous apprenons que « l'initiative semble avoir été prise par le Service Topographique qui s'adressa à Buckland, Sedgwick et Lyell pour obtenir d'eux un avis ou rapport » et que « l'on ne peut que supposer maintenant la raison pour laquelle de la Beche entreprit de mettre en couleurs les cartes d'Etat-Major ».

FIGURE 1 – *Sir H. T. de la Beche.*
(*D'après un portrait paru dans le* Illustrated London News, *du 17 mai 1851.*)

La première de ces assertions découle d'une interprétation logique des remarques faites par certains présidents de la Geological Society de Londres. En 1834, G. B. Greenough rapporta que:

> Monsieur de la Beche, . . . agissant sous la direction du Conseil du Service Topographique, a fait une carte géologique du Comté de Devon. . . . Réjouissons-nous du succès qui a couronné cette initiative du Conseil qui élève la topographie anglaise . . . en lui donnant un caractère plus scientifique.

Deux ans plus tard, Charles Lyell disait:

> . . . Une demande a été adressée par le Directeur Général et le Conseil du Service Topographique, au Dr Buckland et à Monsieur Sedgwick, en tant que professeurs de Géologie aux Universités d'Oxford et de Cambridge, ainsi qu'à moi-même en tant que Président de cette Société, pour que nous donnions notre opinion au sujet de la possibilité de combiner une étude géologique des comtés d'Angleterre avec l'étude géographique actuellement en cours. En réponse à cette requête nous avons rédigé ensemble un rapport . . .

Il suffit de noter ici que ce rapport était favorable et que Lyell avait conclu en disant: « Je félicite la Société d'avoir choisi Monsieur de la Beche pour accomplir ce travail pour lequel il est si hautement qualifié ».

de la Beche (1796–1855) est à peu près le seul parmi ses pairs et contemporains dans le monde des géologues, qui n'ait jamais fait l'objet d'une biographie, et les recherches faites pour trouver les matériaux nécessaires pour combler cette lacune, ont mis à jour un nombre important de

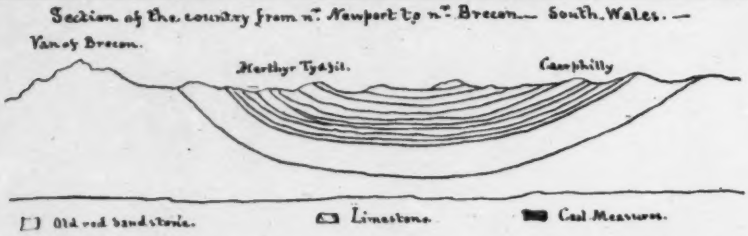


FIGURE 2 – *Dessin extrait de l'un des premiers carnets de notes de de la Beche* (1819). *Ceci est la première coupe géologique connue du bassin charbonnier du pays de Galles du Sud et est comparable à la coupe générale qui pourrait, de nos jours, illustrer un traité élémentaire.*

lettres et de notes inédites[1]. Quelques-unes de celles-ci ont trait à des suggestions qu'il avait faites au sujet de certaines cartes d'Etat-Major qu'il proposait de colorier du point de vue géologique, et elles montrent que le service d'inspection géologique doit son origine à sa perspicacité, et son développement à son habileté administrative.

de la Beche, adolescent, entra au Collège Militaire de Marlow, mais la paix européenne qui succéda à la guerre d'Espagne lui fit abandonner la carrière militaire et, vivant à Lyme Regis, dans une région pleine d'intérêt du point de vue géologique, il fut amené par son amour des occupations en plein air à collectionner des roches et des fossiles et à étudier le problème de leur répartition. Tirant ses revenues d'un domaine de la Jamaïque, il eût sa part des critiques dirigées contre les propriétaires d'esclaves, mais aux Indes Occidentales il n'était pas aimé, parce qu'il portait un intérêt véritable au bien-être de ses nègres.

Les difficultés de main d'œuvre étaient si sérieuses lors de sa visite à l'île, vers 1820, qu'il écrivait:

> Si grand que soit mon désir de rejoindre mon frais pays natal, la dépression qui sévit actuellement sur les affaires des Indes Occidentales a tant diminué mes ressources que je ne puis fixer de date.

Les conditions empirèrent rapidement après son retour en Angleterre et, en mars 1832, ne voulant pas abandonner un projet de préparation d'une carte géologique du Devon, il demanda au Conseil du Service Topographique de l'aider et exposa le cas en ces termes:

> Je voulais mener à bien cette entreprise à mes propres frais, mais je suis vaincu par la disparation de certains fonds que je désirais y consacrer. Je suis donc amené à offrir à votre Conseil le fruit de mes travaux, à un prix qui, j'en suis sûr, sera considéré très modéré . . .

Le memorandum était long, mais les propositions essentielles valent d'être notées telles qu'il les posa:

> Pour la somme de £300, j'entreprendrais . . . de déterminer exactement la structure géologique du district sur les huit planches spécifiées [de la carte d'Etat-Major], et d'en donner les détails à l'échelle exacte . . . d'une manière si claire et compréhensible qu'elles pourront aisément être transcrites sur les clichés de la carte. J'ajouterai aussi, dans la marge de chaque planche, un index des couleurs représentant les roches et givements qui s'y rencontrent . . .

Il proposa pour le prix des plaques un arrangement couvrant le coût de l'addition des détails géologiques et donna un devis explicite des bénéfices que le Conseil pouvait espérer tirer de l'opération, à savoir £92 9s.

La proposition fut soumise au Lieutenant-colonel Colby (alors à la tête du Service Topographique). Colby avait déjà fait montre d'un certain intérêt pour la géologie, au point d'autoriser deux de ses aides à faire des études géologiques dans les régions dans lesquelles ils travaillaient, et avait publié en 1830 une circulaire à ses fonctionnaires, esquissant un « système d'indicoclature » devant être utilisé pour les « plans et coupes géologiques ». Celui-ci comprenait vingt-cinq symboles et huit couleurs; mais ils se rapportaient à des types de roches (par exemple: granit, porphyre, calcaire) et non à leur âge relatif. Les « sables calcaires » étaient, par exemple, représentés par la même couleur que les « sables oolithiques » et le « gravier carbonifère » par la même couleur que le « grés rouge », si bien que son emploi n'aurait pu donner une carte géologique répondant à ce que nous entendons de nos jours par ce terme, ni telle que l'envisageait de la Bêche.

Dans un rapport Colby disait:

> . . . Malgré mon objection à prendre aucune responsabilité au sujet de l'exactitude des renseignements géologiques, ainsi qu'à l'augmentation du prix des planches contenant les Cartes de Devon,

[1]La plupart de celles-ci ont été mises à ma disposition par le regretté Colonel J. I. D. Nicholl de Merthyr Mawr, et par Monsieur R. M. Dillwyn de Castle-upon-Allum, qui sont les arrière-petits-fils de de la Beche, et par le Directeur Général du Service Topographique.

je dois dire que j'estime l'offre faite par Monsieur de la Beche tout à l'avantage du Public.

Cinq semaines plus tard, de la Beche fut informé que les propositions avaient été acceptées, et l'échange de lettres qui s'ensuivit montre la façon dont il traita les situations diverses et souvent difficiles qui se présentèrent avant que son projet n'ait été enfin lancé.

Je ne puis m'empêcher (écrit-il) d'exprimer mes craintes que l'une de ces conditions, bien qu'excellente en théorie, ne soit impraticable, je veux parler de celle qui nous met dans l'obligation de n'employer d'autres couleurs . . . que celles qui ont été sanctionnées par le Conseil de la Geological Society . . .

Il semble n'y avoir pour le moment aucune chance de pouvoir décider de couleurs au Conseil de la Geological Society, et je crains bien que, lorsqu'ils les choisiront, elles ne mettent pas le travail en valeur, parce que la décision sera prise par des hommes qui . . . n'auraient jamais fait une bonne Carte Géologique pour illustrer aucun de leurs mémoires si ce n'avait été pour Gardner de Regent Street qui a dû avoir la patience de Job pour se tirer de ce travail!

de la Beche envisageait déjà un plan plus vaste que celui en cours de discussion, car il dit dans la même lettre:

Si la publication . . . est différée par les sommités de la Geological Society, cela entraînera malheureusement une brèche dans le chiffre que j'ai calculé des avantages pécuniaires que peut tirer le Service Topographique de la vente de ces Cartes Géologiques en couleurs . . . et peut empêcher le Conseil de poursuivre la question au-delà des huit planches. . . . Il faudrait, si possible, parer à cette éventualité.

Colby était aussi désireux que de la Beche d'éviter les retards et suggéra que:

Toute couleur que vous estimerez convenable pourra être employée sur le manuscrit original de la Carte Géologique, et lorsque nous aurons gravé les lignes . . . sur les plaques de Cuivre, une Epreuve pourra être coloriée suivant les décisions du Conseil.

Le système de couleurs fut finalement déterminé en collaboration avec Mr (plus tard Sir) Francis Chantrey.

Au début de 1835, annonçant que les huit planches étaient terminées, de la Beche souleva de nouveau la question d'une étude plus étendue:

Je demande respectueusement que le Conseil veuille bien examiner le résultat de mes travaux; et s'il le juge bon, . . . je consacrerai volontiers mon temps à l'étude Géologique d'une autre région.

Le Conseil décida d'obtenir un avis éclairé et ordonna que le travail que Mr de la Beche venait d'achever, soit soumis au président de la Geological Society, au Dr Buckland et au Professeur Sedgwick afin qu'ils fournissent un Rapport à ce sujet, le Conseil étant désireux d'obtenir les meilleurs avis que le Pays puisse fournir, avant de prendre aucune décision sur l'extension des travaux . . .

Le rapport était long, mais favorable, et comprenait les passages suivants:

Nous considérons que la publication [de la carte] fait grand honneur au Conseil du Service Topographique à qui en revient l'initiative, et rend grand service à la Science européenne.

Nous estimons aussi . . . qu'il serait du plus haut intérêt pour la Nation de continuer à s'assurer les services de Mr de la Beche en étendant l'étude géologique à d'autres régions de la Grande-Bretagne, suivant un système uniforme.

Après avoir reçu de Colby un rapport favorable sur ces propositions, le Conseil demanda au Ministère des Finances de lui donner « Autorité pour mettre en pratique les suggestions des savants Professeurs . . . et faire en sorte que les services de Mr de la Beche soient désormais réservés à ce Département ».

Tout en étant bienveillant, le Ministère se montrait circonspect:

Les Hauts-Commissaires aux Finances . . . reconnaissent l'avantage que présenterait l'entreprise d'un tel travail; . . . toutefois, avant de pouvoir donner leur consentement, . . . ils seraient désireux d'obtenir que le Directeur Général et le Conseil du Service Topographique leur fournissent une estimation approximative du temps nécessaire pour mener l'entreprise à son terme.

La réponse de de la Beche fut typiquement diplomatique: « . . . J'estime que la Carte Géologique se fera à la même allure que la Carte

FIGURE 3 – *Croquis extrait de l'un des carnets de notes de de la Beche* (1829). *Avant de suggérer le tirage en couleurs des cartes d'Etat-Major géologiques, de la Beche voyagea pendant plusieurs années dans son pays et à l'étranger en faisant des études géologiques, et ses carnets de notes montrent la justesse de ses observations et son habileté à les rapporter.*

Géographique et que, par conséquent, les deux cartes seront terminées en même temps».

Cependant, le Ministère des Finances voulait une réponse plus précise: « Si, (demanda-t-il), l'Etude Géologique dépend des progrès de l'Etude géographique, combien de temps pense-t-on que durera cette dernière? »

Après un nouvel examen de la question il fut répondu qu'en se basant sur le temps mis pour faire la carte du Devon, il faudrait 21 années pour terminer la partie de l'Angleterre et du Pays de Galles pour lesquelles des cartes d'Etat-Major étaient dèjà publiées:

> Toutefois, s'il était secondé par deux ou trois aides compétents, Mr de la Beche estimait qu'il pourrait terminer cette partie en 7 ans. Basant son calcul sur un travail effectué à cette allure, . . . la Carte Géologique de l'Angleterre et du Pays de Galles pourrait être terminée en dix ans environ.

Ayant obtenu la permission de continuer son travail, de la Beche alla en Cornouailles (à un salaire de £500 par an) et, moins d'une semaine après son arrivée, nous voyons qu'il écrit au Chancelier de l'Echiquier (Mr Spring Rice) pour lui proposer une nouvelle activité:

> Je désire suggérer respectueusement que, comme les personnes employées à l'Etude Géologique auront constamment l'occasion de récolter des échantillons montrant les applications de la Géologie à la vie pratique, une collection de ces spécimens soit réunie dans un local et confiée aux soins des Travaux Publics.

Il développa cette suggestion dans une correspondance adressée au Bureau des Travaux Publics et il écrivit à Colby: « Je m'attends journellement à avoir des nouvelles du Bureau au sujet du Musée pour l'exposition des richesses minérales du pays. C'est un sujet qui me tient très à cœur ».

Environ un mois plus tard il fut informé que ses plans allaient être adoptés et qu'une maison à Craig's Court [Charing Cross], à Londres, devait être utilisée. L'année suivante il annonça: « Les spécimens du Musée sont tous étiquettés et leur provenance est clairement indiquée ».

Ce musée s'appelait le Musée de Géologie Economique; il donna naissance d'abord au Musée de Géologie Pratique de Jermyn Street, puis au Musée Géologique de South Kensington.

Tout ceci quant aux origines du Service d'Inspection Géologique et du Musée: leur existence était due à la détermination de de la Beche de ne pas se laisser détourner de son but. Il eût essuyé un refus certain s'il avait demandé la création d'un organisme comprenant un personnel et un équipement complets, mais petit à petit, en cajolant ou en exigeant, selon les circonstances, et habilement secondé par Colby qui prit toujours un vif intérêt à la question, il parvint à ses fins.

En 1837, après avoir reçu la permission de se transporter de Cornouailles en Galles du Sud, de la Beche fit remarquer que son salaire ne couvrait pas les frais

> à cause des déplacements constants que le service exige et de la nécessité de résider à l'hôtel pendant

FIGURE 4 – *Croquis extrait de l'un des premiers carnets de de la Beche* (1819). *Il notait le point de vue personnel de ses voyages aussi bien que leurs résultats scientifiques et ses carnets contiennent plusieurs exemples des moyens de transport de l'époque; celui-ci le montre avec son domestique en excursion géologique dans les Alpes.*

la plus grande partie de l'année. Comme je suis certain qu'il n'a jamais été envisagé que l'accomplissement de mon travail entraînerait des dépenses excédant celles que couvre mon salaire, vous aurez peut-être la bonté de mentionner ces circonstances au Conseil. Je ne désire rien que le remboursement des dépenses nécessaires et si £25 par trimestre pouvaient m'être allouées comme frais de déplacement, je prendrais le risque que cette somme suffise à couvrir tous les frais.

L'Inspecteur Général des Fortifications ne reçut pas favorablement cette requête. Pour lui, « cela revenait à accorder sous le nom de frais de déplacement, une augmentation de £100 par an au contrat de Mr de la Beche, qui aurait dû être mentionnée dans le premier contrat », mais plus tard il appuya cette demande pensant « qu'en s'y soumettant on hâterait la publication et qu'une économie pourrait être réalisée de ce fait en amenant l'affaire à terme plus rapidement, et mettant fin au payement du salaire ». Il pensait naïvement que le Service d'Inspection Géologique finirait automatiquement aussitôt la dernière planche de la carte d'Etat-Major géologique en couleurs était-elle publiée pour la première fois.

La correspondance, pas toujours amicale du côté des autorités, traîna pendant onze mois. de la Beche maintint sa requête firmement mais respectueusement et fut enfin informé que « bien que cela ne fut pas strictement conforme aux usages, on lui accordait £25 par trimestre pour couvrir tous les frais de déplacement sans avoir à produire de bons de justification ». Les autorités avaient pris cinq semaines pour accepter la proposition de la carte en couleur du Devonshire, environ le même temps pour acquiescer à l'extension du travail à la Cornouailles, un mois pour inaugurer un Musée de Géologie Economique, mais un an pour décider d'une question de routine entraînant une dépense de £25 par trimestre!

Lorsqu'il voulut des aides, de la Beche demanda d'abord un mineur pour aider aux gros travaux, puis une personne capable d'être instruite aux méthodes de la géologie et, ayant fait établir le principe, ce ne fut qu'une question de temps pour réunir autour de lui un petit groupe de travailleurs aussi enthousiastes que lui-même.

En 1839, réalisant qu'il ne pourrait achever la carte de l'Angleterre et du Pays de Galles en 10 ans, comme il l'avait supposé, il demanda la permission « d'engager les aides géologiques que je jugerai nécessaires à la bonne marche du travail ». Lorsque cette requête parvint à la connaissance de l'Inspecteur Général des Fortifications, son commentaire fut: « Je ne connais pas de raison valable pour soutenir l'opinion exprimée ici en faveur de l'extension de l'étude géologique » et il conseilla de ne rien faire avant qu'un « devis approprié des frais envisagés » n'ait été soumis. Le résultat fut une réponse du Conseil du Service Topographique déclarant

> qu'il était nettement d'avis qu'il ne faudrait pas continuer cette étude géologique sans que quelques règles précises soient établies pour gouverner les dépenses. . . . Si l'on se référait aux arrangements primitifs on constaterait qu'une dérogation importante avait déjà été faite aux propositions initiales . . . et ce qui est demandé maintenant, conduira à une dépense illimitée de temps et d'argent.

Interrogé sur la durée totale du travail et de son prix, de la Beche répondit qu'il n'était pas possible d'estimer le coût de la levée des plans géologiques ni le temps qu'elle exigerait avant un examen de chaque région.

Une certaine diplomatie déployée dans le traitement de la situation amena l'admission qu'il était en effet impossible de prévoir et de faire des règlements pour tous les cas susceptibles de se présenter, et Colby reçut enfin l'avis suivant:

> La seule façon de faire sera de prélever d'année en année la somme qui semblera nécessaire, le Conseil vous consultant de temps à autre à ce sujet, afin de contrôler les dépenses extraordinaires qui pourraient surgir.

de la Beche ne perdit pas de temps pour agir, car moins d'un mois plus tard il annonçait à Colby: « J'ai choisi comme aide un manœuvre très intelligent que je paye 7/- par jour, il est vraiment bien et maintenant j'en cherche d'autres ».

Le bilan pour septembre 1839 comprenait deux nouveaux noms et, en décembre, le devis pour 1840 prévoyait *quatre* aides. La question de limite de durée des travaux ne fut plus jamais soulevée — le Service d'Inspection Géologique était une institution permanente.

La coloration des papillons

G. D. HALE CARPENTER

Certaines espèces de Lépidoptères présentent au repos une très grande ressemblance avec des feuilles mortes, et les détails en sont parfois poussés jusqu'à la perfection. D'autres espèces déploient de brillantes couleurs et semblent chercher à attirer l'attention. Le Professeur Hale Carpenter cite quelques faits étonnants à propos de ces deux types, et illustre son article par des spécimens d'un grand intérêt et d'une beauté remarquable.

Une coloration suppose deux choses: la présence de pigments qui, en absorbant la lumière de façon sélective, donnent les couleurs qui impressionnent l'œil, et la disposition de ces pigments en motifs ornementaux. La sécurité des papillons diurnes ou nocturnes, dépend autant du dessin que de la couleur; aucun d'eux ne présente une coloration tout-à-fait uniforme.

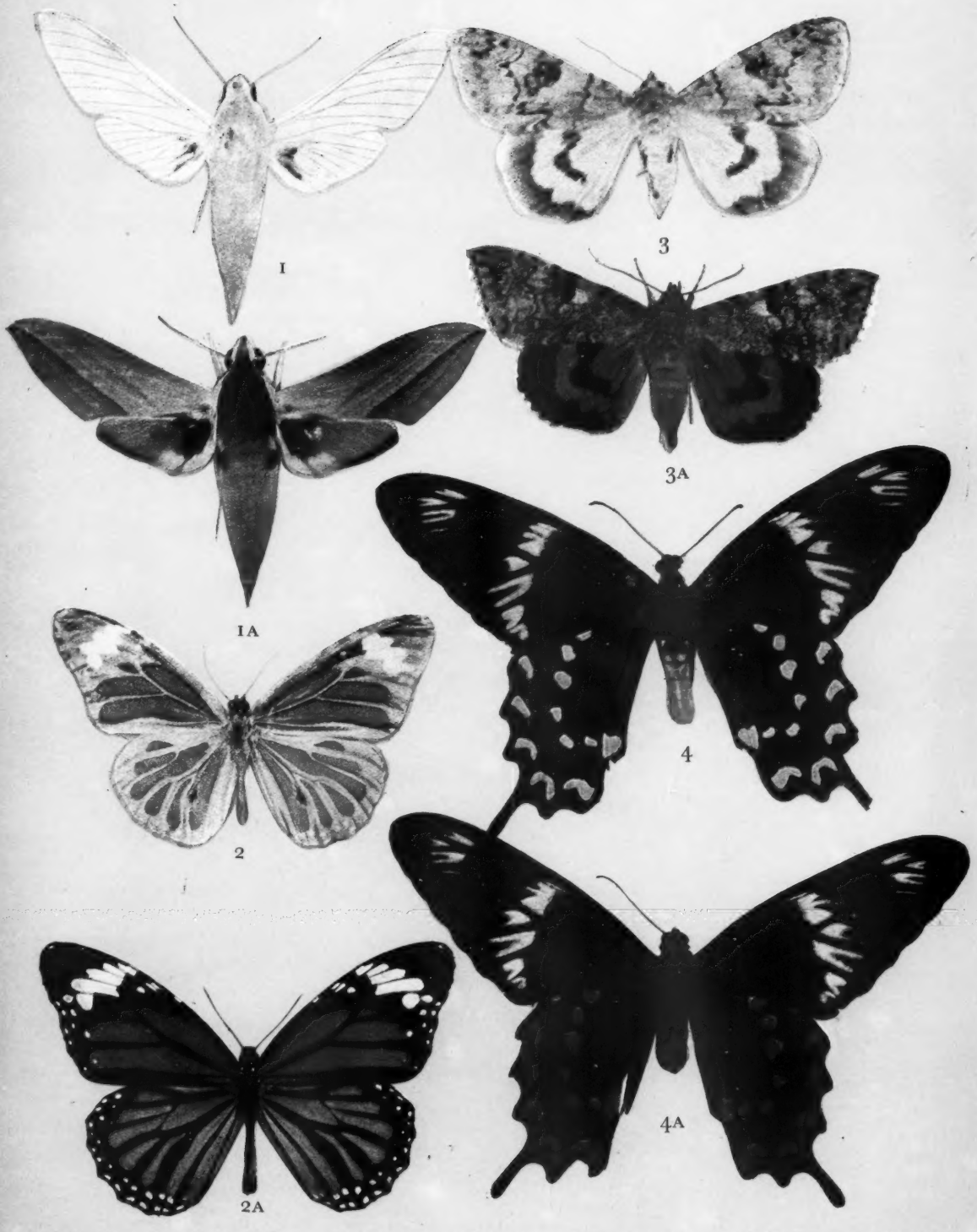
La stabilité des pigments à la lumière est variable, ainsi que le montre clairement la Planche I. Les collections longuement exposées à la lumière présentent des degrés variables de décoloration; la plupart des papillons diurnes conservent leurs couleurs; il semblerait qu'ils soient pourvus de robes durables. Mais chez les papillons qui se cachent durant le jour et ne volent que la nuit, les pigments sont mal adaptés à la lumière et se décolorent de façon notable. On remarquera que les teintes roses et rouges sont particulièrement instables tandis que la couleur fauve tirant sur l'orangé, telle que celle de nos Fritillaires, est très stable: on voit sur la figure 2 que cette teinte a mieux résisté à la lumière que celle des mélanines noirâtres qui l'entourent. Des teintes très semblables peuvent être produites, chez les papillons, par des pigments de compositions chimiques tout-à-fait différentes (par ex. figures 25 et 27, ou 26 et 30), ce qui illustre le phénomène très répandu par lequel la Nature peut obtenir des résultats analogues avec des moyens très différents.

Certains papillons, lorsqu'ils sont posés, sont dissimulés aux regards grâce à leur ressemblance avec une feuille morte; ils présentent une très grande diversité de nuances et de dessins. Des espèces telles que *Kallima inachus* (figures 7, 10, 11 et 13), qui ne présentent pas un dessin unique mais ressemblent à une grande variété de feuilles, sont rendues de ce fait plus difficiles à déceler par leurs ennemis et les risques courus par chaque individu sont donc moindres. La perfection des détails est telle qu'elle va jusqu'à reproduire l'apparence de bords déchiquetés ou froissés (figures 8 et 12) et de taches de moisissure (figures 7 et 11). Les feuilles mortes présentent souvent des fentes ou des perforations qui laissent passer la lumière; la même apparence est reproduite chez diverses espèces par une découpure (figure 6), par l'absence d'écailles sur une faible portion de l'aile de telle sorte que la membrane basale transparente laisse passer la lumière (figure 11), ou par la présence d'une plage de pigment blanc dont l'éclat simule l'aspect d'une lumière vive vue à travers une perforation (figures 5 et 8).

On reconnait en partie les objets par leur forme, donc quel que soit le détail qui altérera le contour régulier d'une aile de papillon il rendra celle-ci moins facile à distinguer. Cette sorte de coloration, illustrée par la figure 9, est appelée disruptive. Le contraste marqué entre les teintes claires et les teintes sombres distrait l'œil et masque le contour habituel qui permettrait de reconnaître la silhouette du papillon.

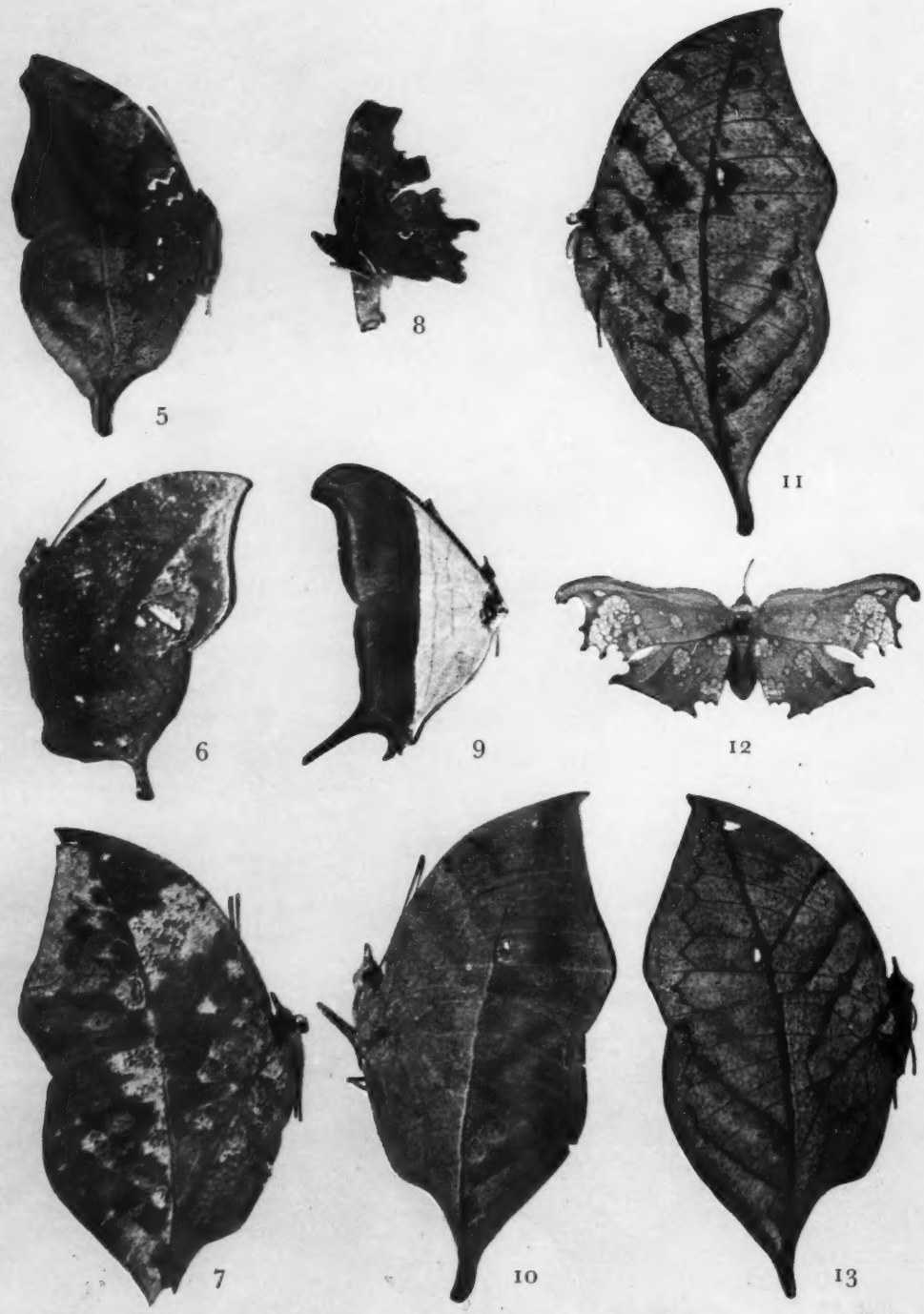
La plupart des papillons sont colorés de telle sorte que, posés, ils sont dissimulés à la vue. Ceci s'applique plus particulièrement à la face *inférieure* des ailes qui est seule visible lorsque l'insecte est complètement au repos. Ces insectes à coloration mimétique constituent en général une nourriture recherchée pour leurs ennemis vertébrés.

D'autres au contraire, déploient des couleurs vives et semblent chercher à attirer l'attention de l'observateur: ceux-ci sont dits aposématiques, c'est-à-dire dont la couleur constitue un avertissement. On trouve l'explication de ceci dans le fait que de telles couleurs vont de pair avec une constitution robuste, l'émission d'une odeur âcre, ou même la projection de liquide très fortement odorant, sous la forme d'une mousse brillamment colorée visible sous un certain angle. Ces espèces aposématiques sont peu comestibles et si d'autres

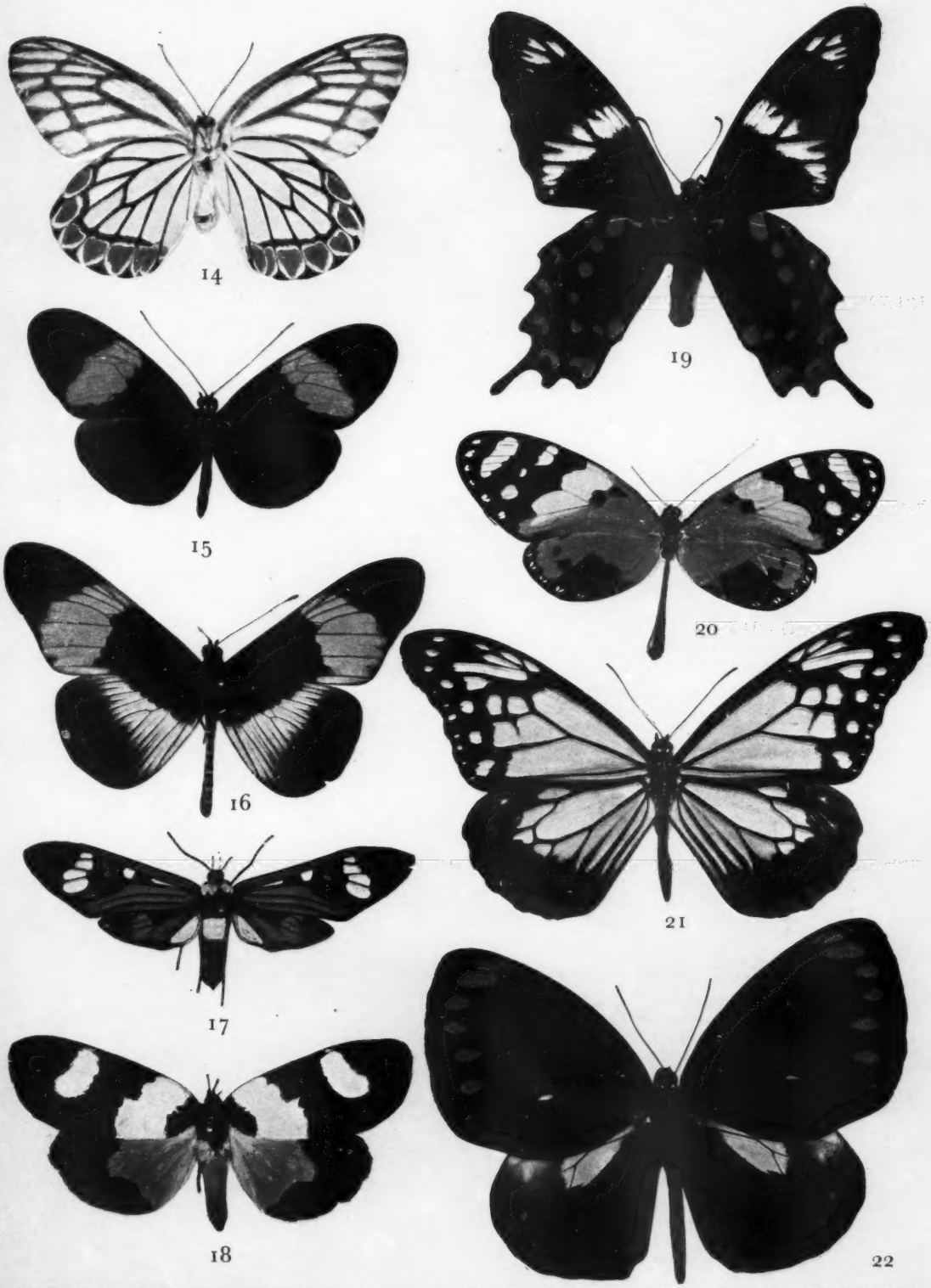


Décoloration des pigments: *Chaque groupe de deux montre les effets de l'exposition prolongée à la lumière sur le spécimen du dessus, le spécimen du dessous est frais.* 1 *et* 1A, *Sphingidés:* Chaerocampa alecto *L.* (*Inde*). 2 *et* 2A, *Danaïdés:* Danaus plexippus *L.* (*Inde*). 3 *et* 3A, *Noctuidés:* Catocala nupta *L.* (*Europe*). 4 *et* 4A, *Papilionidés:* Polydorus hector *L.* (*Inde*).

PLANCHE II

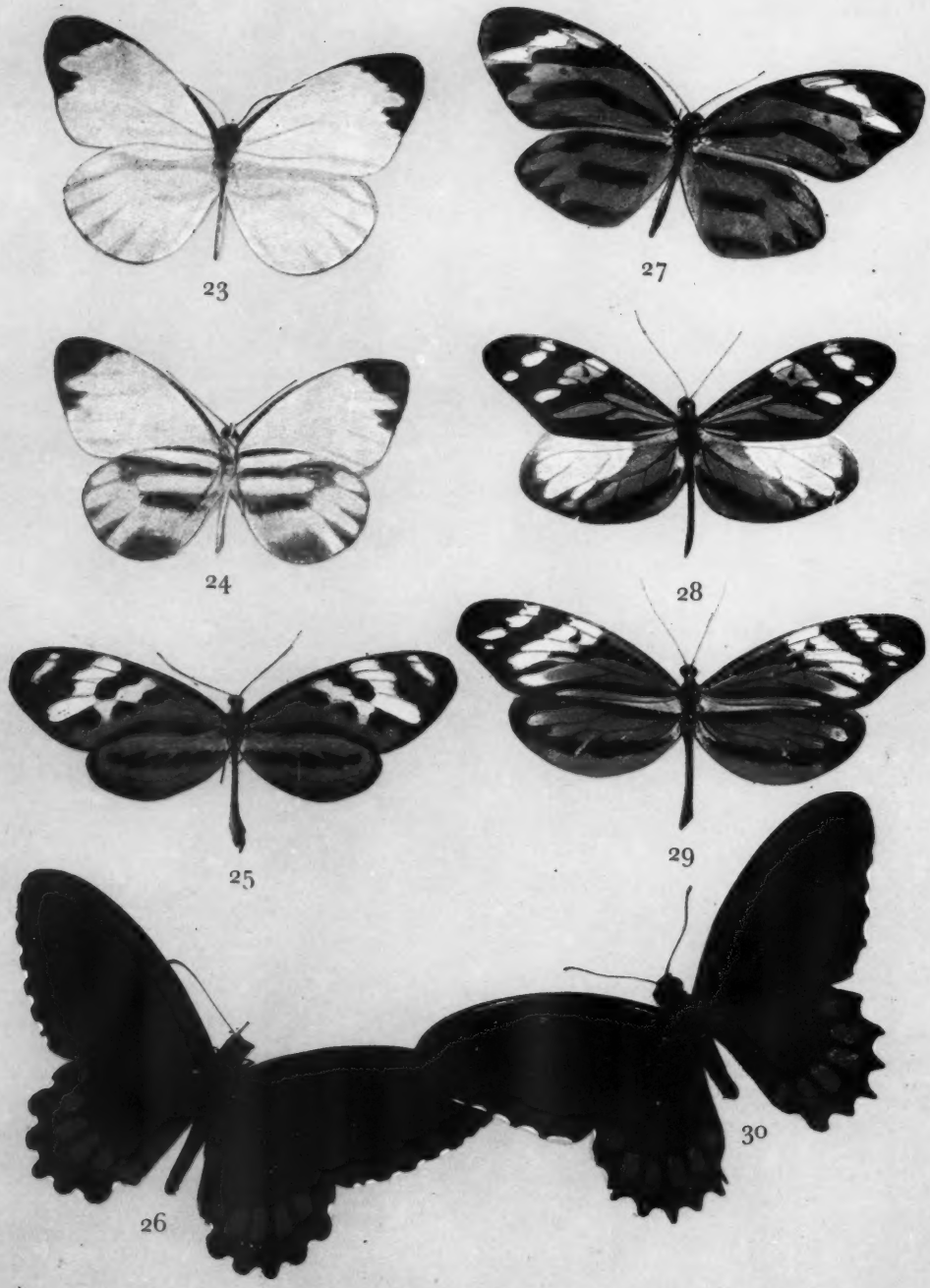


Ressemblance mimétique avec des feuilles mortes: *La ressemblance donne l'impression d'une feuille déchirée* (6, 8), *tachée de moisissures* (7, 11), *ou partiellement mangée par un insecte* (12). 5, *Nymphalidés:* Doleschallia bisaltide *Cramer* (*Inde*). 6, *Nymphalidés:* Anaea morvus *Fabricius* (*Régions tropicales de l'Amérique du Sud*). 7, 10, 11 et 13, *Nymphalidés:* Kallima inachus *Boisduval* (*Inde*). 8, *Nymphalidés:* Polygonia *c*-album *L.* (*Europe*). 9, *Nymphalidés:* Marpesia coresia *Godart* (*Panama*). 12, *Thyrididés:* Draconia rusina *Druce* (*Trinidad*).



Couleurs constituant un avertissement: 14, *Piéridés:* Delias eucharis *Drury* (*Inde*). 15, *Héliconidés:* Heliconus hydarus *Hewitson* (*Trinidad*). 16, *Acréidés:* Bematistes poggei *Dewitz* (*Afrique-orientale*). 17, *Syntonidés:* Histioea meldolae *Butler* (*Pérou*). 18, *Sarrothripidés:* Eligma latepicta *Oberthur* (*Nyassaland*). 19, *Papilionidés:* Polydorus hector *L.* (*Inde*). 20, *Ithomiinés:* Melanitis egina *Bates* (*Brésil*). 21, *Danaïdés:* Danaus sita *Kollar* (*Japon*). 22, *Euploeinés:* Euploea leucostictos *Gmelin* (*Sud-Est de l'Asie*).

PLANCHE IV



Imitation: *Le non-comestible* 25 *est imité par la femelle* (27) *d'un mâle* (23) *dont la face supérieure blanche est normale pour le groupe auquel il appartient:* 24 *montre sa face inférieure. L'imitation est encore plus poussée chez un autre papillon blanc dont on voit la femelle* 29 *et le mâle* 28. *Le numéro* 30 *imite* 26 *qui appartient à une autre section de la même famille.* 23 *et* 24, *Piéridés:* Mylothris malenka *Hewitson, mâle* (*Vénézuéla*). 25, *Ithomiinés:* Mechanitis veritabilis *Butler* (*Trinidad*). 26, *Papilionidés:* Polydorus polyzelus *Felder* (*Guatémala*). 27, *Piéridés:* Mylothris malenka *Hewitson, femelle* (*Vénézuéla*). 28, *Piéridés:* Dismorphia praxinoe *Doubleday, mâle* (*Trinidad*). 29, *Piéridés:* Dismorphia praxinoe *Doubleday, femelle* (*Trinidad*). 30, *Papilionidés:* Graphium belesis *Bates* (*Guatémala*).

variétés qui le sont davantage sont assez abondantes les premières ne seront pas inquiétées. Mais, savoir éviter des espèces relativement désagréables au goût, implique des expériences préalables qui ont naturellement entraîné la destruction d'un certain nombre de représentants de ces espèces. Il est donc utile aux individus de l'espèce ayant un goût désagréable, de pouvoir supporter, grâce à leur robustesse, un traitement brutal, afin de se retrouver sans blessure mortelle après avoir été remis en liberté parce que non-comestibles. De plus, puisqu'il est avantageux pour une telle espèce d'être facilement reconnue pour ce qu'elle est, plus la distinction sera aisée mieux cela vaudra. En fait, de tels types présentent de brillantes couleurs disposées en motifs offrant des contrastes très marqués au lieu des fines nuances et des dessins compliqués des espèces mimétiques (comparer les Planches II et III). Il existe donc deux catégories opposées d'insectes — les espèces mimétiques qui échappent aux regards grâce à leurs couleurs neutres doucement fondues et formant des dessins compliqués, dont la sécurité repose sur ce mimétisme qui les rend invisibles; et les espèces aposématiques, aux couleurs vives, fortement contrastantes, et qui se proclament ouvertement peu comestibles et même dangereuses. Il est intéressant de noter que le rouge et l'orangé sont de beaucoup les couleurs aposématiques les plus fréquentes, de même que les signaux de danger et les baies sont rouges.

Quelques-uns des insectes aposématiques ne possèdent cependant pas les éléments qui donnent le goût désagréable impliqué par leur robe. Mais ils peuvent présenter une ressemblance si frappante, bien que superficielle, avec des espèces réellement aposématiques qu'ils passent aisément pour en faire partie, et peuvent ne pas être inquiétés par un ennemi assez peu affamé pour négliger un mets désagréable. C'est le phénomène du mimétisme dans son sens véritable, appelé également ressemblance pseudo-aposématique, qui est en somme le même caractère que la ressemblance avec une pierre, un excrément d'oiseau, ou une feuille.

La femelle du papillon étant essentiellement plus variable que le mâle, il n'est pas étonnant que le mimétisme se rencontre plus fréquemment chez les femelles (par ex. figures 27 et 29 comparées avec 23 et 28). Le mimétisme semble parfois provenir d'une variation initiale de la face inférieure (comparer les figures 24 et 27). Le pigment des espèces imitatrices est souvent de structure chimique entièrement différente de celui des modèles. Ceci est illustré sur la Planche IV (figures 26 à 30) par les papillons blancs communs et leurs modèles, et les deux *Piéridés*. Chez ces derniers, ainsi que l'a montré E. B. Ford qui a découvert cinq types différents de pigments rouges chez les Lépidoptères, les pigments rouges réagissent très différemment à des essais chimiques simples. Ceci fait bon marché de l'argument facile de la parenté du modèle et de la copie comme explication de la similarité.

Un cas très intéressant est celui du papillon d'Afrique *Papilio dardanus*, que l'on rencontre dans la plus grande partie du continent africain au sud du Sahara. Le mâle varie peu; la femelle, toujours différente du mâle, imite un grand nombre de papillons extrêmement différents. A Madagascar cependant, on rencontre la forme ancestrale et la femelle diffère peu du mâle; dans les deux sexes le pigment le plus pâle présente une fluorescence brillante en lumière ultra-violette. Ceci ne se retrouve pas chez les femelles mimétiques, chez lesquelles il s'est produit une transformation chimique du type ancestral non-mimétique.

On rencontre une autre forme de polymorphisme dans les pays dont le climat est caractérisé par des saisons nettement contrastées, avec une saison sèche très marquée. Les naturalistes ont obtenu des résultats tout-à-fait remarquables lorsqu'ils ont réussi à prouver par l'élevage que des papillons présentant de très grandes différences de coloration et de notables différences de forme et de taille appartenaient en réalité à une même espèce. *Precis octavia*, commun en Afrique, se présente à la saison sèche sous la forme d'un papillon d'un bleu intense dont la face inférieure est brun noirâtre parsemée de taches multicolores. Pendant la saison de pluies, il est remplacé par une forme plus petite de coloration rouge saumon sur les deux faces. *Charaxes zoolina* est pendant la saison humide un papillon blanc verdâtre dessus et dessous, avec de courtes bandes noires; pendant la saison sèche il a la couleur rousse d'une feuille morte desséchée, sa face inférieure surtout ressemblant étonnamment à une feuille. On remarquera que la coloration de la saison sèche permet au papillon de se dissimuler de façon beaucoup plus effective lorsqu'il est posé, moment où il est le plus en danger. Ceci est aisément compréhensible puisque la saison sèche est celle où les insectes sont le plus rares, d'où le danger accru quelle que soit l'espèce, leurs ennemis étant pressés par la faim.

Polythène

J. C. SWALLOW

En polymérisant à haute pression de l'éthylène, on a obtenu à l'échelle industrielle, une série d'hydrocarbures polymérisés de poids moléculaire élevé. Ces matières plastiques, que l'on désigne par le terme générique de Polythène, possèdent des propriétés électriques excellentes combinées avec des propriétés physiques exceptionnelles, et présentent par conséquent un intérêt de plus en plus grand dans le domaine de l'électro-technique.

Des progrès considérables ont été réalisés au cours des dix dernières années dans la synthèse au laboratoire et dans la fabrication industrielle de polymères de poids moléculaire élevé. Beaucoup d'entre eux sont utilisés dans l'industrie électrique dont l'avenir dépend de plus en plus de l'obtention de nouveaux diélectriques possédant les propriétés chimiques, mécaniques, et électriques nécessaires pour permettre leur utilisation aux fréquences et aux voltages élevés employés aujourd'hui.

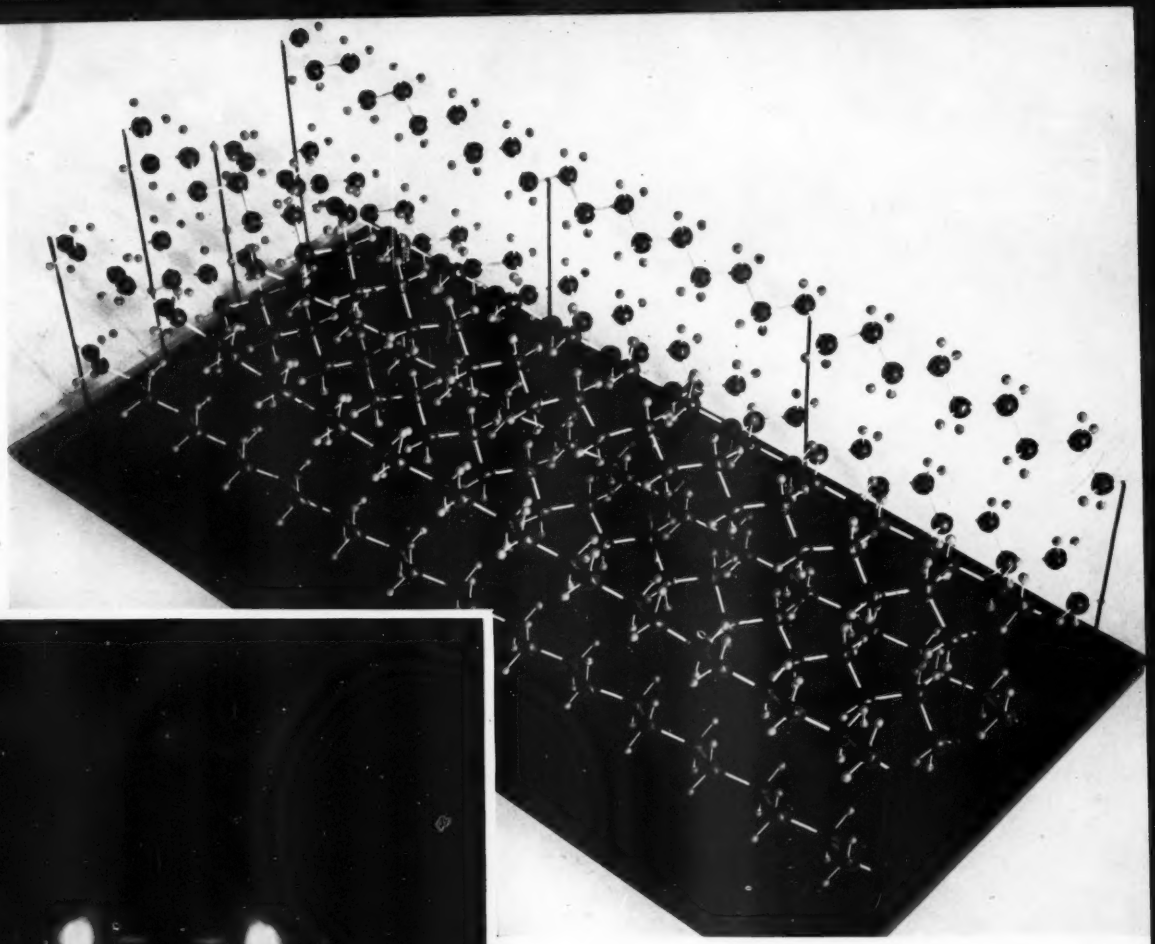
Le polythène, maintenant couramment employé dans ce domaine, est un produit nouveau, fruit de la recherche scientifique britannique. Il est produit à des pressions supérieures à celles qui sont utilisées actuellement dans n'importe quel autre procédé chimique industriel, et de plus, c'est la plus simple des matières thermoplastiques puisqu'il est constitué par de longues chaînes méthyléniques ($-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-$) comportant plus de 1.000 chaînons. Par suite de sa structure il possède toutes les propriétés les plus favorables des hydrocarbures, entre autres une constante diélectrique et une dissipation d'énergie peu élevée, et un faible pouvoir d'absorption d'eau, associées à de bonnes propriétés mécaniques.

L'histoire de la synthèse du polythène débuta il y a plusieurs années dans les laboratoires des « Imperial Chemical Industries », où l'on avait entrepris d'étudier les effets sur les réactions chimiques, de pressions dépassant de beaucoup celles utilisées jusque là dans l'industrie chimique; la pression la plus élevée employée à cette époque était 1.000 atmosphères pour la synthèse de l'ammoniaque.

Il fut donc décidé de pousser l'expérimentation avec des pressions supérieures à 1.000 atmosphères et l'on alla par la suite jusqu'à 12.000 atmosphères. Les premiers travaux avaient porté sur l'étude de certaines réactions en milieu liquide au moyen d'appareils de dimensions réduites qui permettaient de mesurer avec une précision suffisante l'effet de la pression sur les vitesses de réaction à différentes températures [2], [4], [5], [6]. Par la suite, grâce à des améliorations de la technique, il devint possible de polymériser l'éthylène et de produire un solide flexible, résistant, cristallin, à point de fusion assez bien déterminé aux environs de 110° C.

L'on s'aperçut très vite que cette polymérisation, qui est fortement exothermique, pouvait donner — si l'on n'éliminait pas de façon convenable la chaleur de réaction — une décomposition explosive libérant du carbone et des gaz. Avant de pouvoir continuer sans danger les travaux de laboratoire, il fallut perfectionner les dispositifs de sécurité afin de protéger les chercheurs et leur équipement, aussi, dès les tout premiers débuts, la collaboration la plus étroite entre le chimiste, le physicien, le métallurgiste, et l'ingénieur s'avéra-t-elle indispensable, afin de réaliser un appareillage capable de supporter des pressions de l'ordre de celles qui se produisent dans un canon. Un dispositif nouveau, un joint à serrage automatique, se montra très précieux dans les installations ultérieures. Enfin on arriva à mettre au point une nouvelle technique de chimie industrielle qui permettait d'opérer sans interruption à la pression voulue [3].

Tandis qu'il avait été possible d'obtenir des polymères solides, ayant pour la plupart une grande importance technique, à partir de composés organiques contenant des groupements vinyl $CH_2 = CH-$, on n'avait pu produire à partir de l'éthylène — le plus simple de la série — que des produits huileux à chaîne courte. Diverses synthèses chimiques telles que la décomposition du diazométhane, avaient permis de produire des hydrocarbures solides à chaîne longue, la longueur moyenne de celle-ci étant de 170 atomes de carbone. Fischer avait obtenu au



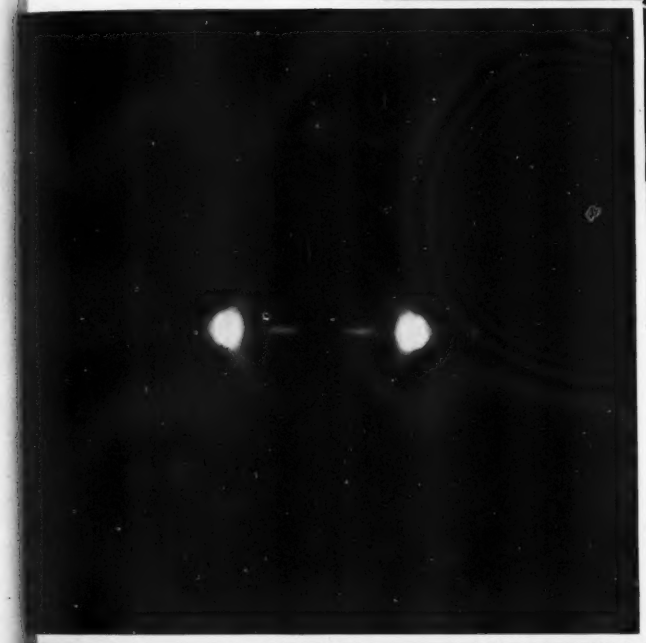
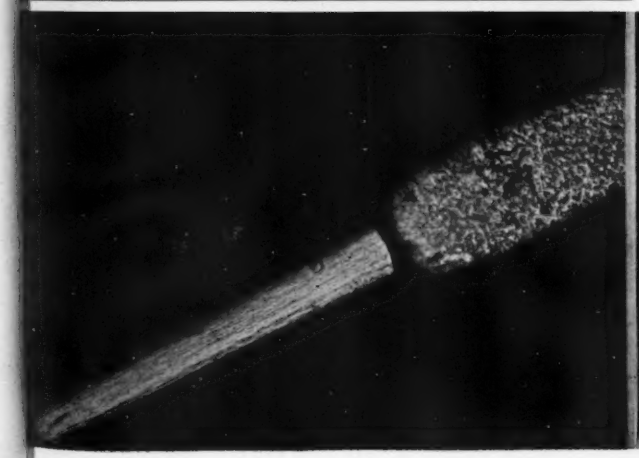


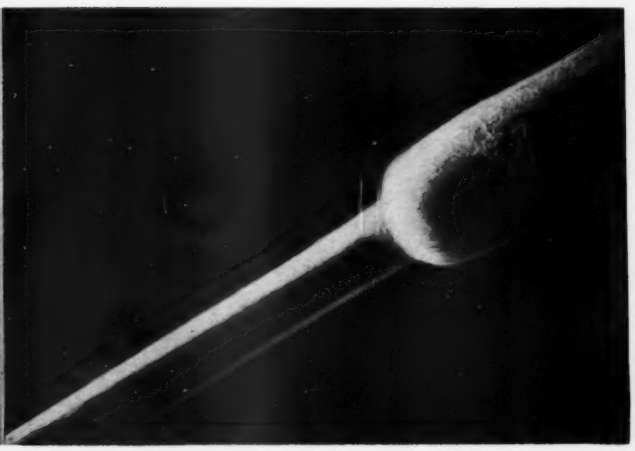
FIGURE 1 (*ci-dessus*) – *Modèle atomique de la fraction cristalline du polythène construit à l'échelle d'après les résultats fournis par les examens aux rayons X.*

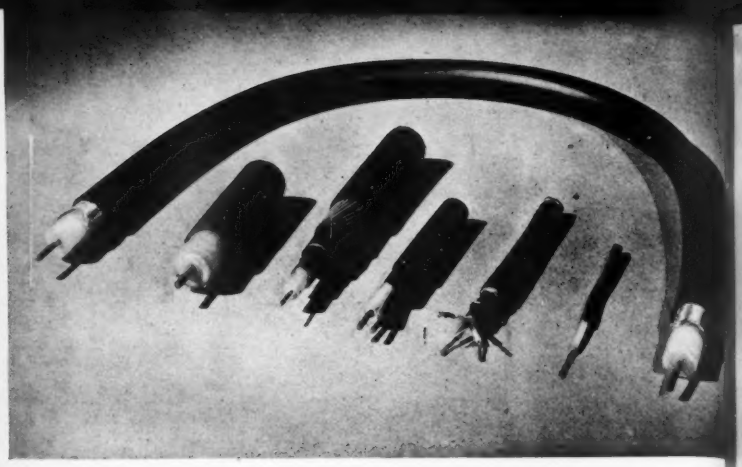
FIGURE 2 (*à gauche*) – *Photographie aux rayons X d'une fibre orientée, montrant l'orientation de fibre.*

FIGURE 3 (*en bas, à gauche*) – *Fibre étirée à froid vue entre nicols croisés placés à 45°, montrant la différence entre les portions orientées et les portions non-orientées.* (× 80.)

FIGURE 4 (*en bas, à droite*) – *Fibre de polythène étirée à froid — éclairage à fond noir* (× 80).







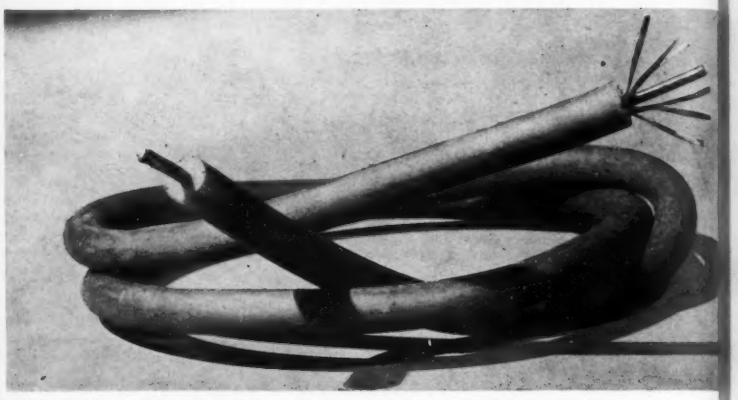


FIGURE 5 (*en haut, à gauche*) – *Récipient de grande dimension fabriqué par moulage par extrusion avec l'outillage à extrusion habituel.*

FIGURE 6 (*au milieu, à gauche*) – *Pellicules épaisses de* 0,076 *millimètre obtenues par extrusion.*

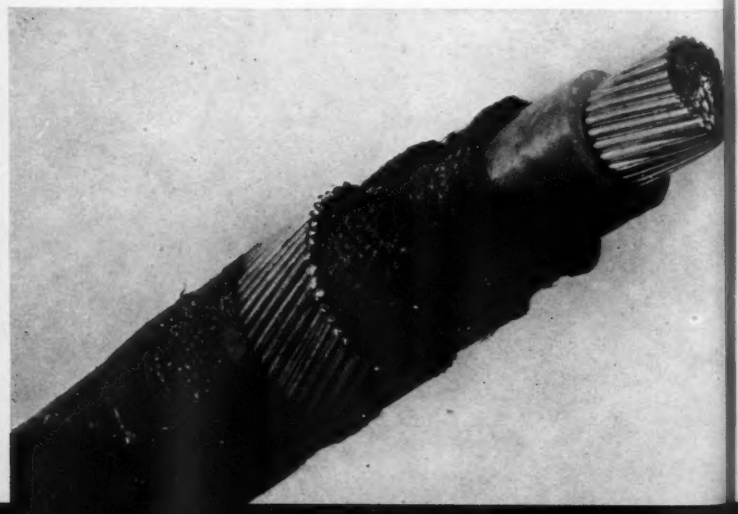
FIGURE 7 (*en bas, à gauche*) – *Exemples de pièces moulées sans défauts et de pièces façonnées à partir de baguettes de polythène. Les pièces les plus petites ont été obtenues par moulage par injection.*

FIGURE 8 (*en haut, à droite*) – *Différents types de câbles pour haute-fréquence isolés au polythène. Le câble le plus long est protégé à l'extérieur par une gaine de chlorure de polyvinyl plastifié.* (*Manufacturés par Telegraph Construction and Maintenance Limited*)

FIGURE 9 (*au milieu, à droite*) – *L'âme d'un câble sous-marin isolé au polythène plastifié par du poly-isobutylène, la photographie montre la grande flexibilité.*

FIGURE 10 (*en bas, à droite*) – *Coupe d'un câble à courant fort de* 440 *volts isolé au polythène, et qui a été en service pendant plusieurs années.*

(*Manufacturé par Johnson et Philipps Limited*)



cours de l'hydrogénation catalytique de l'oxyde de carbone, des produits de poids moléculaire encore plus élevé, de l'ordre de 8.000 et davantage, mais ce n'étaient que des cires friables. Néanmoins, avec le nouveau procédé à haute pression, il avait été possible de produire l'hydrocarbure ayant la plus longue chaîne linéaire non ramifiée obtenue jusque là par synthèse. Très tôt au cours des recherches, on décida de procéder à une étude détaillée de la structure par l'analyse aux rayons X, et ceci montra que la substance était constituée par des plages cristallines à symétrie orthorhombique, les dimensions de chaque élément étant: a = 7,40 A, b = 4,93 A, c = 2,53 A [2]. La figure 1 représente un modèle de la structure cristalline.

Les propriétés chimiques de cet hydrocarbure à chaîne longue sont celles que l'on pouvait prévoir en raison de sa structure et de sa composition chimique, mais c'est la combinaison de ces propriétés avec les propriétés mécaniques de ce corps qui lui donne sa très grande valeur au point de vue technique. De plus, ses propriétés chimiques et physiques dépendent de la répartition du poids moléculaire dans le produit; et celle-ci à son tour est très nettement affectée par les conditions de synthèse, qui peuvent être variées dans une très large mesure. On a trouvé que la méthode la plus satisfaisante de classification des différents polythènes était la mesure de la viscosité à 190° C du polymère à l'état liquide, l'instrument de mesure étant un viscosimètre d'un modèle spécial. Cette méthode a l'avantage de donner également le degré de possibilité d'extrusion du produit.

La solubilité du produit commercial actuel dans la plupart des solvants organiques est très faible à la température ordinaire. Elle augmente assez rapidement entre 50 et 70° C, bien que les corps à poids moléculaire très élevé ne soient facilement solubles dans aucun solvant, même au-dessus du point de fusion; il présente aux températures supérieures à 100° C des caractères très voisins de ceux du caoutchouc. Le polythène n'est pas attaqué à la température du laboratoire par des réactifs tels que les acides chlorhydrique et nitrique ou la lessive de soude à 50 pour cent, mais il est fortement attaqué par l'acide chlorosulfonique. A des températures plus élevées, au voisinage de 100° C, il n'est pas encore attaqué par l'acide chlorhydrique et la lessive de soude à 50 pour cent, mais il est attaqué par les acides nitrique et sulfurique. Comme il est saturé, l'ozone a beaucoup moins d'effet sur lui que sur le caoutchouc, et cette propriété — comme dans le cas de nombreuses matières plastiques — est très importante pour les applications à l'électricité.

Le polythène en solution ou en suspension peut être chloré pour donner naissance à des produits comportant des proportions variables de chlore fixé dans la chaîne; on peut obtenir ainsi une série de matières plastiques — dont les propriétés mécaniques dépendent de leur teneur en chlore — allant de produits analogues au caoutchouc à des solides durs. Ainsi que l'on pouvait s'y attendre par suite de sa composition chimique, le polythène chauffé s'oxyde à l'air, mais beaucoup moins que le caoutchouc. On a trouvé récemment que l'addition d'anti-oxydants convenables inhibait presque entièrement l'oxydation aux températures nécessaires pour la fabrication. Ce fait est d'une grande importance pour les applications techniques du produit, puisque l'oxydation s'accompagne d'une augmentation du facteur de puissance, due à l'introduction dans la chaîne de groupements polaires. En l'absence d'oxygène et quand le polythène est chauffé dans le vide poussé, il reste intact jusqu'à la température de 300° C. Au-dessus de cette température il y a rupture de la chaîne et production de cires friables et de produits gras et huileux.

Le polythène est une matière plastique cristalline, et son comportement au point de vue mécanique est analogue à celui des autres polymères de sa classe, tels que le nylon, les polymères du chlorure de vinylidène, et les produits naturels gutta percha et balata. Si l'on étire une éprouvette de polythène, elle s'allonge de façon régulière dans toute sa longueur jusqu'au moment où la tension atteint une valeur critique, normalement environ 100 kg par centimètre carré, et à ce moment l'éprouvette se sépare en deux régions, la région étirée et la région non étirée, séparées par des épaulements bien marqués, ainsi que le montre clairement la figure 4. Ce comportement remarquable présente un très grand intérêt, tant au point de vue scientifique qu'au point de vue technique. Le rapport des sections transversales des deux régions dépend dans une certaine mesure de la nature du polythène et des conditions du processus d'étirage, mais il est généralement voisin de 4 ou 5 à 1. Au cours de l'étirage à froid, l'allongement se produit avec une tension presque constante jusqu'à ce que l'éprouvette soit écrouie sur toute sa longueur et que cette dimension soit devenue 4 ou 5 fois plus grande.

Comme pour les autres polymères de cette

sorte, l'orientation est nettement visible à l'examen au microscope polarisant ou aux rayons X qui révèlent un diagramme de fibre caractéristique (*voir* figure 2). Il est maintenant possible, dans le cas de polymères cristallins, de se représenter le changement qui se produit au cours du processus d'étirage. Le polythène est constitué par des agrégats sphéruliques de régions orientées ou cristallites, visibles au microscope polarisant. Il faut considérer les cristallites comme des régions orientées à partir desquelles partent des chaînes qui se continuent dans des régions non orientées amorphes et dans d'autres cristallites. On peut faire varier la taille des sphérules par un traitement thermique; ainsi, par refroidissement brusque, on peut obtenir des pellicules minces qui sont plus transparentes et plus flexibles que celles qui ont été refroidies lentement, et ces pellicules s'étireront à froid plus facilement et avec un effort moindre. L'orientation des cristaux se produit au cours de la phase initiale d'étirage et il est possible de le constater en mesurant leur biréfringence ou par la photographie aux rayons X. Dans l'étirage à froid, les cristallites sont amenés à une orientation à peu près parallèle, les longues molécules se placent parallèlement à la direction de la force exercée, et au cours du processus il peut arriver que les cristaux soient dans une certaine mesure divisés en cristaux plus petits. Il peut également se produire une recristallisation.

Par chauffage à des températures inférieures au point de fusion, cette état de choses a tendance à disparaître et l'éprouvette se rétracte. On peut cependant supprimer complètement l'orientation par chauffage au-dessus du point de fusion, bien que dans le cas de polythènes de poids moléculaire très élevé, et par conséquent possédant une viscosité très élevée à l'état liquide, l'extrusion et l'étirage produisent une certaine orientation des molécules, même au-dessus de cette température. Il est intéressant de comparer ce phénomène avec l'étirage du caoutchouc, dans lequel les molécules de caoutchouc elles-mêmes sont orientées par étirage jusqu'à ce que la cristallisation se produise. Ceci disparaît dès que l'effort cesse, par suite de la liberté de rotation plus grande dans les chaînes non saturées substituées que dans les chaînes saturées du polythène à la température ordinaire. Cependant, le caoutchouc cristallise à basse température et présente également le phénomène de l'écrouissage.

Le diagramme de diffraction des rayons X par le polythène montre la présence de régions amorphes et de régions cristallines; et les proportions relatives des deux ont une grande importance, non seulement dans le cas du polythène, mais aussi pour beaucoup d'autres polymères cristallisés, puisque l'on a trouvé que des changements très légers pouvaient modifier profondément certaines des propriétés mécaniques les plus importantes. L'étude des changements de propriétés physiques (telles que la densité et de la chaleur spécifique) en fonction de la température, a montré que le polythène perd d'une façon régulière, mais de plus en plus rapide, sa structure cristalline à mesure que la température s'élève, jusqu'à la disparition complète de toute substance cristallisée au point de fusion.

Bien que le polythène n'ait pas besoin de plastifiant, il est utile d'avoir un moyen de régler sa mollesse pour ses applications techniques. On a constaté que le plastifiant le plus satisfaisant était un poly-isobutylène de poids moléculaire élevé, qui, étant de consistance analogue à celle du caoutchouc, donne au polymère une gamme étendue de plasticité; il n'affecte ni la constante diélectrique ni le facteur de puissance car il possède également une structure hydrocarbonée. Des proportions de l'ordre de 10 pour cent seulement, augmentent la flexibilité du polythène à basse température; mais l'on obtient le même résultat sans addition de plastifiant, en modifiant la répartition du poids moléculaire.

Les grandes variations de flexibilité du polythène aux basses températures, qui n'avaient pas été très bien comprises au début de la fabrication de ce produit, ont amené à étudier plus en détail l'influence de la répartition du poids moléculaire sur les propriétés mécaniques. La mesure de cette répartition par des méthodes telles que le fractionnement et l'ultra-centrifugation est fastidieuse et difficile, et l'on a trouvé qu'il est possible de déterminer qualitativement les changements dans la répartition en utilisant les autres propriétés physiques du polythène telles que la solubilité du polymère et sa viscosité à l'état fondu. D'après les résultats obtenus par ces études, on peut dire que la résistance à la tension, la résistance au choc, et la flexibilité à basse température sont améliorées par l'augmentation du poids moléculaire moyen, tandis que pour un poids moléculaire moyen déterminé, il peut y avoir une répartition optimale du poids moléculaire. On a maintenant démontré abondamment les effets désastreux d'une proportion trop grande de substances de faible poids moléculaire sur les propriétés mécaniques, notamment sur la

flexibilité à basse température. On a pu obtenir des polythènes de poids moléculaire élevé et possédant une plus grande résistance à la tension et qui restent flexibles à —100° C, mais ces substances sont assez difficiles à traiter avec l'outillage utilisé pour la manipulation du produit commercial normal. Ceci offre un contraste frappant avec les polymères amorphes qui, lorsqu'ils ont été abondamment plastifiés de façon à avoir une flexibilité augmentée à basse température, deviennent plus fragiles à la température ordinaire.

La combinaison des propriétés électriques et des propriétés mécaniques du polythène est des plus importantes pour ses applications électriques actuelles et celles-ci pourront se développer encore à l'avenir. Le faible facteur de puissance, de 0,0002–0,0003, bien qu'il ne soit pas indépendant de la fréquence, ne varie que lentement sur toute l'étendue examinée. Comme l'absorption d'eau et la perméabilité sont très faibles, cette propriété est pratiquement indépendante de l'humidité, ce qui est très important au point de vue pratique. Ces propriétés ont déjà fait adopter le polythène pour les câbles pour télécommunications. La résistance diélectrique élevée du polythène, combinée à ses autres propriétés électriques, le rend également intéressant comme isolant pour les câbles à haute tension, si l'on arrive à surmonter les difficultés dues à la grande dilatation thermique, et à réaliser dans la pratique l'extrusion de la matière plastique sans que celle-ci comporte aucune solution de continuité.

Les propriétés du polythène en font, avec plusieurs autres matières plastiques, un matériau dont l'utilisation est des plus souhaitables pour de nombreuses applications dans lesquelles la résistance chimique est importante. Le fait qu'il se présente au-dessus de son point de fusion comme un liquide facile à manipuler à des pressions relativement basses avec l'outillage normal d'extrusion, rend possible la production d'objets moulés de grandes dimensions sans défauts.

On peut fabriquer des tubes de polythène par extrusion, ou, s'il s'agit de diamètres plus importants, par soudure de feuilles découpées à la machine dans des blocs de matière plastique. On peut le pulvériser finement sur des surfaces métalliques, à l'aide d'un pistolet analogue à celui employé pour les métaux, et il donne une pellicule uniforme et continue; c'est le procédé le plus commode pour recouvrir des objets de forme irrégulière.

On peut obtenir des pellicules très faiblement perméables à l'eau à partir de solutions ou par extrusion; cette dernière méthode est d'ailleurs préférable, excepté si l'on désire obtenir une pellicule extrêmement mince, et les propriétés mécaniques peuvent être modifiées selon les conditions de manipulation; ainsi, si l'extrusion est suivie de laminage, l'orientation se fait dans le sens du laminage, et la résistance est plus grande longitudinalement que transversalement. Les conditions de refroidissement affectent notablement la transparence de la pellicule, le refroidissement brusque donnant des sphérules de petite taille et une transparence plus grande. On peut également obtenir des fibres, présentant des variations d'orientation des plus intéressantes, qui donnent des propriétés mécaniques différentes, que l'on est en train d'étudier de façon plus approfondie. Dans le développement de la technique de fabrication du polythène, il est indispensable de ne pas oublier qu'il est cristallin. On a déjà trouvé de nombreuses utilisations de ce produit, et il n'est pas douteux qu'il s'en présentera beaucoup d'autres dès qu'il sera possible de les développer après la guerre.

Cependant, tout à fait en dehors des applications techniques présentes et futures, les recherches faites sur le polythène ont contribué à augmenter considérablement nos connaissances sur les hydrocarbures et d'une façon générale les polymères de poids moléculaire élevé. La structure simple de la chaîne méthylénique en fait un matériel de choix pour l'étude systématique des propriétés mécaniques, chimiques, et électriques des polymères de poids moléculaire élevé. Un tel travail est beaucoup plus difficile et même presque impossible lorsqu'il porte sur des systèmes moléculaires plus complexes.

BIBLIOGRAPHIE

[1] BUNN, C. W. *Trans. Faraday Soc.*, 1939, **35**, 482.

[2] FAWCETT, E. W., et GIBSON, R. O. *J. chem. Soc.*, 1934, 386.

[3] FAWCETT, E. W.; GIBSON, R. O.; PERRIN, M. W.; PATON, J. G.; et WILLIAMS, E. G. B.P.471590.

[4] GIBSON, R. O.; FAWCETT, E. W.; et PERRIN, M. W. *Proc. roy. Soc.*, 1935, [A], **150**, 223.

[5] PERRIN, M. W., et WILLIAMS, E. G. *Proc. roy. Soc.*, 1937, [A], **159**, 162.

[6] WILLIAMS, E. G.; PERRIN, M. W.; et GIBSON, R. O. *Proc. roy. Soc.*, 1936, [A], **154**, 684.

La destruction des parasites des forêts par des procédés chimiques

LEON L. OSSOWSKI

Il s'établit dans les terrains boisés et les forêts vierges un équilibre naturel entre la vie végétale et la vie animale (y compris les insectes). Lorsque l'homme intervient, par exemple en faisant des plantations de conifères sur une grande échelle, l'équilibre peut être rompu et les nouvelles conditions peuvent être favorables au développement d'insectes parasites. Le Directeur des Services de Sylviculture du Ministère polonais de la Reconstruction décrit ici quelques-uns de ces parasites et les mesures prises pour les combattre.

L'accroissement régulier du nombre des insectes nuisibles aux forêts, tels que, dans la famille des Macrolépidoptères (grands papillons et bombyx), le bombyx moine (*Liparis monacha* L.), la fidonie du pin (*Bupalus piniaria* L.), la noctuelle pityphage (*Noctua piniperda* Panz.), et le bombyx du pin (*Dendrolinus pini* L.), et dans celle des Hyménoptères, le lophyre du pin (*Lophyrus pini* L.), présente un sérieux problème pour la sylviculture. La menace existe surtout pour les conifères, rarement pour les arbres à feuillage caduc. Les sylviculteurs possèdent divers moyens plus ou moins efficaces pour combattre ces parasites.

Il est impossible, sans quelques chiffres précis, de se rendre compte des dommages causés par ces insectes nuisibles. En 1890, 4.860 ha. de sapins furent complètement détruits en Bavière [2] par le bombyx moine. En 1918–23 le même insecte attaqua environ 242.800 ha. de sapins (et pins) en Tchécoslovaquie, dont 28.330 ha. furent complètement perdus. En Bavière [1], en 1895, la fidonie du pin attaqua environ 40.470 ha. de forêts de conifères, ce qui entraîna l'abattage d'environ 141.585 stères de bois. Au cours des vingt dernières années, la fidonie du pin, le bombyx du pin et la noctuelle pityphage ravagèrent les forêts de l'Europe Centrale et Orientale, dévastant, entre 1921 et 1925, environ 80.935 ha. de bois tendre dans les provinces du Brandebourg et du Mecklenbourg et 101.170 ha. en Pologne.

De nouveau, entre les années 1931–33, les frais entraînés par la lutte contre la noctuelle pityphage dans une province de Pologne se montèrent à £140.000. Les chiffres précédents représentent seulement une faible proportion des ravages causés par les papillons. C'est au cours du siècle dernier que ce fléau a assumé plus d'importance. Indubitablement ceci résulte du fait que l'homme, par ses activités, a détruit l'équilibre naturel de la vie forestière. En remplaçant les forêts naturelles, aux arbres d'âge et d'essences variés, par des conifères généralement d'une seule espèce et d'âge uniforme, il a donné aux chenilles du bombyx du pin, de la pityphage et de la fidonie du pin, à la larve et à l'insecte adulte de tous les scarabées des pousses de sapin (*Myelophilus*) ainsi qu'aux autres insectes destructeurs, une source abondante de nourriture de choix. La Nature a protesté en infligeant de lourds désastres, contre ces modifications anormales de la forme originale et naturelle de la forêt primitive.

On peut distinguer 5 phases dans le développement du fléau: 1) la phase initiale, au cours de laquelle on observe l'apparition du premier stimulus à l'augmentation du nombre des insectes; 2) la phase de prodrome, au cours de laquelle les symptômes sont nuisibles mais pas dangereux; 3) la phase éruptive, qui est la plus dangereuse et cause la chute totale des feuilles; 4) la crise, qui aboutit à 5) la phase d'apaisement durant laquelle l'augmentation massive disparaît généralement et le nombre des insectes redevient normal.

La figure 1 montre les différentes phases du développement de la fidonie du pin, les observations ayant été faites sur un terrain d'expérience de 0,5 ha. d'une plantation de pins d'Europe (*Pinus sylvestris*) âgés de 45 ans.

L'importance d'une invasion d'insectes est fonction du climat et d'autres facteurs, en particulier de la présence d'insectes parasites. Chaque insecte nuisible a un groupe de parasites, en particulier les *Ichneumonidae*, les *Braconidae*, et les *Tachinidae*, qui attaquent surtout les larves et les chenilles. On peut citer aussi quelques parasites de la noctuelle pityphage, de la fidonie du pin et du lophyre du pin. Sur le premier on trouve [15] l'*Ernestia rudis* Fall., l'*Ichneumon pachymerus* Htg.,

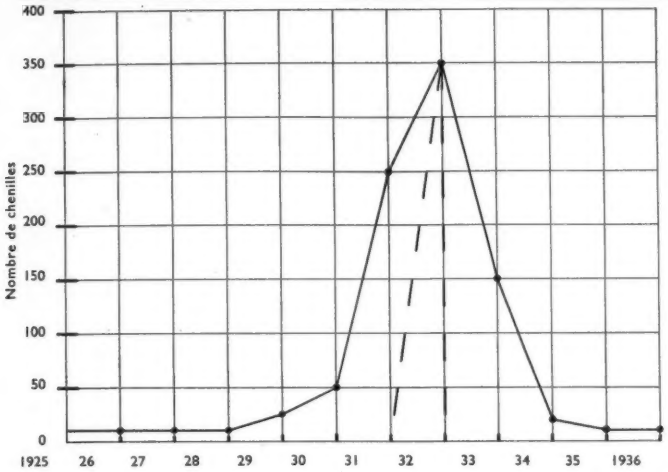


FIGURE 1

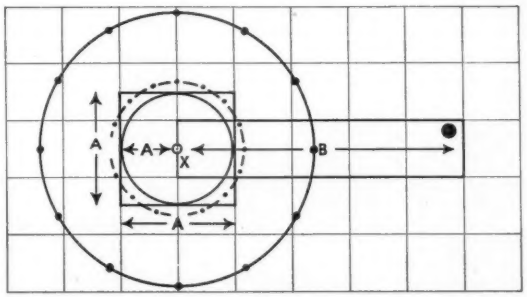
1925–28, 34–26: *années normales.*
1928–30: *deux années de phase initiale.*
1930–31: *phase de prodrome.*
1931–32: *phase éruptive et crise.*
1932–34: *phase d'apaisement.*

le *Trichogramma evanescens* Wetw.; sur le second, le *Cordiceps militaris*, l'*Ichneumon nigritarius* Grav., et l'*I. binunulatus* Grav.; sur le troisième, l'*Externus cingulatorius* Holmgr., *Spilocryptus nubeculatus* Grav., *Externus oriolus* Hart., et d'autres encore. L'importance de ces parasites est légèrement diminuée par la présence sur eux-mêmes d'hyperparasites, par exemple sur la *Tachina larvarum* on trouve l'hyperparasite *Phygadeuon Schimitscheki* Fahringer [9], [10]. Les champignons microscopiques comme l'*Isaria* sp. et le *Fusarium* sp. exercent aussi une influence notable sur l'évolution du fléau.

Grâce à une connaissance plus précise des coutumes des divers insectes, la science est mieux en mesure de déceler les signes d'imminence d'une invasion. Tandis que la chenille du bombyx du pin descend le long du tronc en automne afin d'hiverner (sous forme de chenille) à proximité de la partie souterraine du tronc, les chenilles de la noctuelle pityphage et de la fidonie du pin rampent à une distance considérable du tronc avant de se fixer sous terre. A ce moment se produit le passage à l'état de chrysalide, suivi du repos hivernal. Des expériences faites antérieurement sur un carré de 1 m de côté ou sur une surface circulaire de 1 m de rayon autour du tronc, n'avaient indiqué que la présence du bombyx du pin. Pour arriver à une juste notion du nombre de fidonies du pin et de pityphages, il faut réserver un espace rectangulaire de 5 m sur 1 m, contenant deux arbres situés près des extrémités opposées. On voit sur la figure 2 une comparaison des résultats obtenus dans les deux séries d'expériences, et l'avantage des plus récentes en ce qui concerne la fidonie du pin et la noctuelle pityphage.

De plus, dans le cas du bombyx moine, il est bon de ne pas employer la méthode, tombée en désuétude maintenant, qui consiste à compter les grappes et les œufs, car elle manque de précision; les œufs sont si minuscules que, dans la majorité des cas, ils échappent à l'observation. On obtient des résultats plus satisfaisants en examinant la chrysalide et en déterminant son sexe et son pouvoir reproducteur.

Avant l'introduction sur une large échelle des méthodes chimiques, on avait essayé de combattre le fléau en ratissant la surface du sol des plantations après le moment où les chenilles étaient devenues chrysalides (dans le cas des fidonies et des pityphages); en récoltant les papillons (dans le cas des bombyx moines); ou bien en entourant l'arbre attaqué par le bombyx du pin d'un anneau de goudron. Toutes ces méthodes ont été employées sur une vaste échelle mais (sauf dans le



Terrains d'expérience. FIGURE 2

A. Méthodes anciennes pour la fidonie du pin, la noctuelle pityphage et le bombyx du pin (Dendrolinus).

B. Nouvelle méthode pour la fidonie du pin et la noctuelle pityphage.

● *Arbre.*

Surface approximative occupée autour de l'arbre «X» pendant l'hivernage de la fidonie du pin et de la noctuelle pityphage.

Surface approximative occupée autour de l'arbre «X» pendant l'hivernage du bombyx du pin.

FIGURE 3 – *Forêt de pins détruite par la fidonie du pin.*

FIGURE 4 – *Bombyx moine sur le tronc d'un arbre. (D'après Hoffmann.)*

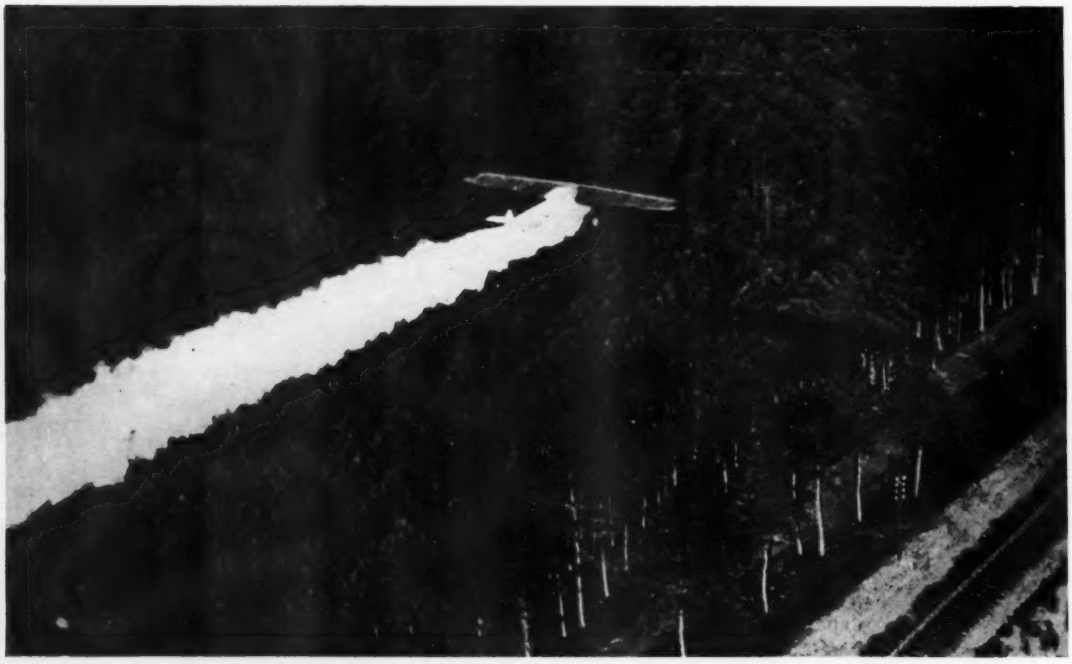


FIGURE 5 – *Avion émettant le poison au-dessus d'une forêt attaquée par des chenilles.*

cas de l'anneau de goudron contre le bombyx du pin) sans grand succès. Les experts songèrent alors à essayer les méthodes chimiques. Les premières expériences furent faites en Bavière en 1890, contre le bombyx moine. Le manque de moyens industriels pour l'application par pulvérisation des produits chimiques entraîna l'échec de ces essais.

Les premières expériences d'envergure sur l'emploi de produits chimiques pour la destruction des insectes furent faites aux Etats-Unis par C. R. Neillie et J. S. Houser, en coopération avec la « Federal Aviation Experiment Station » de McCook Field, Dayton, Ohio [14]. Un champ de *Catalpa speciosa*, attaqué par le *Ceratomia catalpa*, fut traité par des arséniates de plomb (As_2O_3 = 45,06 pour cent, PbO = 54,84 pour cent) pulvérisés d'un avion. Grâce à des conditions favorables (temps chaud et sec) l'expérience réussit pleinement. On put observer les effets du poison après 48 heures; 99 pour cent des chenilles étaient mortes. Cette expérience fut suivie de plusieurs autres, en Pologne, en Allemagne et en Tchécoslovaquie, contre le bombyx moine, la fidonie du pin et la noctuelle pityphage. Jusqu'en 1928–29 on expérimenta largement en Europe continentale en employant des arséniates de calcium contenant jusqu'à 70 pour cent d'anhydride arsénieux, As_2O_3. Toutefois les résultats laissèrent beaucoup à désirer du fait que l'efficacité de l'arsenic, qui agit comme poison interne, dépend des conditions atmosphériques. Un autre inconvénient de ce produit est qu'il peut empoisonner les mammifères et les oiseaux.

Les premières expériences avec des poudres agissant par contact, qui furent effectuées en plein air et sur une large échelle, eurent lieu en 1929–30. L'action de ces poudres est indépendante de l'appétit des chenilles. Il suffit pour les tuer de pulvériser le produit sur leur corps. Il y a d'abord paralysie, puis destruction des systèmes nerveux et musculaire.

Il a été démontré que les chenilles de la fidonie du pin et de la pityphage peuvent s'abstenir pendant trois jours de manger les aiguilles de pin enduites d'arsenic. S'il pleut pendant cette période, les aiguilles sont lavées et l'opération de pulvérisation doit être recommencée. Les poudres agissant par contact ne présentent pas ces inconvénients. Les premières poudres de ce type consistaient principalement en vératrine et en roténone, ou bien étaient extraites de racines de *Derris robusta* (des Indes). Elles contenaient aussi un sulfate et de la nicotine. Ces poudres étaient fabriquées par différentes usines de produits chimiques et portaient des noms variés, comme, par exemple, « forestit » et « verindal » (Allemagne), « choinit » (Pologne) et « polvo » (Angleterre) [5]. Tous ces produits furent employés avec succès.

Il est intéressant de rapporter quelques détails relatifs à l'opération pratiquée en Pologne. On employa 50 kg par hectare de « forestit » ou de « choinit ». Les applications avaient lieu tôt le matin et tard dans l'après-midi et, par temps

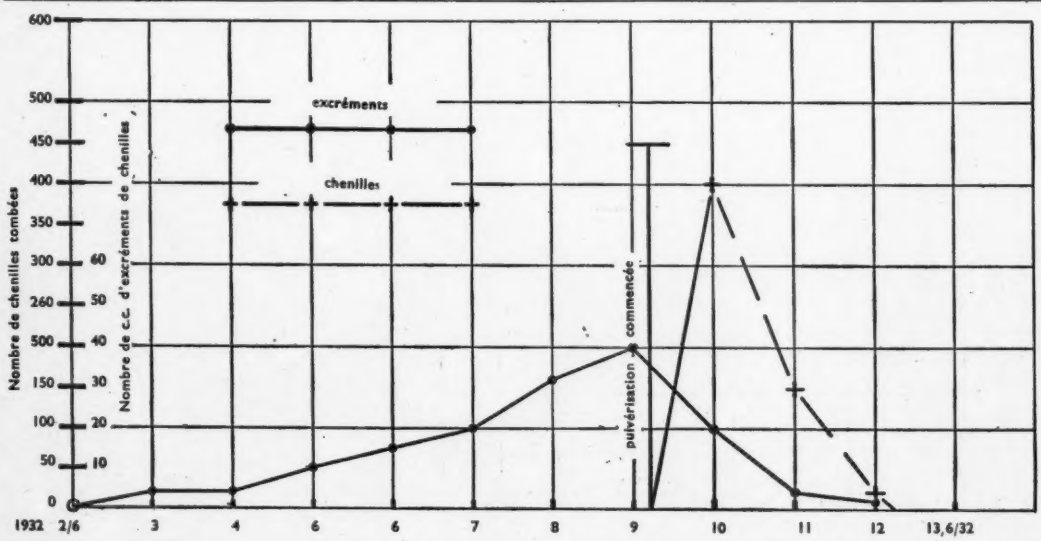


FIGURE 6 – *Montrant la chute des excréments et des chenilles mortes avant et après l'application de «choinit» par pulvérisation.*

calme seulement, l'application était poursuivie toute la journée. Les chenilles étaient à ce moment entre leur première et leur troisième mues. Les arbres attaqués étaient enduits par pulvérisation une seule fois. Pour vérifier les résultats de l'opération, des draps d'environ 2 m sur 2 m étaient déposés en différents endroits et l'on mesurait le volume d'excréments tombant dessus avant et après l'opération, ainsi que le nombre de chenilles mortes trouvées à ce moment. Les figures 6 et 7 montrent les effets des poudres agissant par contact.

En Russie [13] on effectue les pulvérisations aussitôt que possible après l'éclosion des œufs. Plus les chenilles sont petites, moins il faut de poudre pour les tuer.

Il faut noter que dans les forêts polonaises traitées à la « choinit », il y avait dix chrysalides saines par mètre carré de terrain et le nombre d'œufs sur un tronc variait entre 1.800 et 2.200. Sur une surface égale traitée à la « forestit », les nombres correspondants devenaient treize chenilles et 2.100 à 2.500 œufs.

Environ une minute après que le nuage de poison avait atteint la faîte des arbres, des chenilles à demi mortes commençaient à tomber et ceci continuait pendant plusieurs heures. Ni la « forestit » ni la « choinit » ne sont nuisibles aux mammifères ni aux oiseaux. Elles n'affectent que très légèrement les muqueuses du corps humain. Le résultat final fut la destruction de 98 pour cent des chenilles et toutes les régions forestières polonaises attaquées par la noctuelle pityphage en 1931–33 furent sauvées. Il a été prouvé que les poudres agissant par contact qui ont pour base la vératrine, le derris et la roténone, ne sont efficaces que contre les chenilles à peau nue. Elles le sont moins vis-à-vis des chenilles velues, telles que celles du bombyx moine et du bombyx du pin que le « forestit » n'atteint pas du tout.

En 1932 un grand progrès fut réalisé par l'addition de pyrèthre aux poudres, les rendant actives contre les chenilles velues. On obtient ce produit à partir des boutons de certaines espèces de chrysanthèmes (*C. marschallii* Aschers, *C. roseum* Adam et surtout *C. cinerariaefolium* Vis.). Le pourcentage de pyrèthre contenu dans les chrysanthèmes dépend du genre de terrain et du degré de développement de la plante. Pendant longtemps les éléments actifs des préparations de pyrèthre ne furent pas connus. Rother trouva trois acides qu'il appela persicine, persiréthrine et persithrine. Belesme (1876) trouva un alcaloïde, la chrysanthémine. Les recherches postérieures, effectuées par Staudinger et Ružicka [12], établirent l'existence de deux composés liquides qu'ils appelèrent pyréthrine I et II. Ils sont les éthers du même alcool, le pyréthrolone (méthylpentadiényl-cyclopentanolone). La pyréthrine I est l'éther pyréthronolique de l'acide chrysanthème monocarboxylique et la pyréthrine II l'éther de l'acide chrysanthème-dicarboxylique. Ces deux éthers sont des poisons du système nerveux et du système musculaire des insectes. L'efficacité du pyrèthre dépend de l'âge de la chenille, mais dure jusqu'à l'âge de la quatrième mue. Le défaut du pyrèthre est dû au fait que la pyréthrine qu'il renferme se décompose très facilement. En général cette préparation n'est nuisible ni pour l'homme ni pour les animaux.

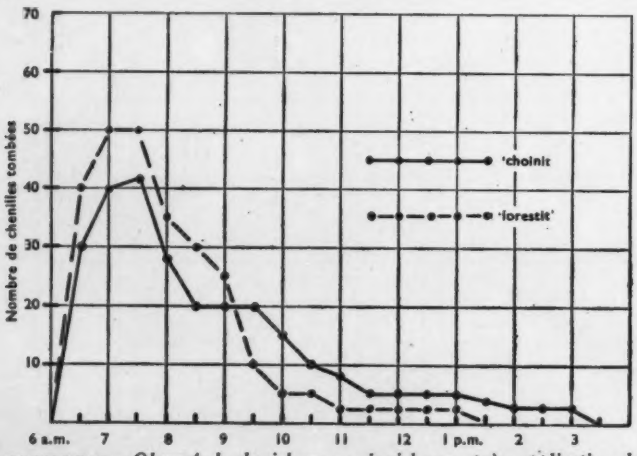


FIGURE 7 – *Observé de demi-heure en demi-heure après application de «choinit» et de «forestit».*

Des expériences furent effectuées plus tard (en 1936) contre le bombyx moine avec des poudres de contact au dinitro-*o*-crésol [11]. Toutes les chenilles velues, même les plus résistantes, furent détruites. Cette préparation a toutefois un sérieux inconvénient du fait qu'elle est un poison violent si elle est absorbée par l'homme ou par les animaux. Les personnes qui effectuent les opérations de pulvérisation doivent porter des masques, des vêtements spéciaux et des gants. Le dinitro-*o*-crésol brûle aussi les jeunes pousses de sapin [4] et tous les arbres à feuilles larges.

Dans ces dernières années, avant la guerre, des expériences sur une échelle réduite avaient été faites avec des préparations fabriquées par une

firme allemande de produits chimiques. Leur réussite avait été complète [4]. Même les chenilles les plus résistantes du bombyx moine avaient été tuées et la poudre n'était nocive ni pour l'homme ni pour les animaux à sang chaud [4]. La guerre mit fin aux expériences.

Des pulvérisateurs automobiles et des avions [3] [6] furent, et sont encore, employés pour répandre l'arsenic et les poudres agissant par contact. On fit aussi des essais avec des autogyres [7] [8] et des ballons. Toutes ces méthodes ont leurs avantages et leurs inconvénients respectifs. Les avions ne peuvent être employés que s'il s'agit de grandes surfaces à traiter. De plus, leur vitesse est trop grande pour assurer une répartition uniforme de la poudre. Les autogyres conviennent mieux: ils ne sont pas aussi rapides et permettent une répartition plus régulière du poison. Ils n'ont besoin que d'un espace restreint pour le départ et l'atterrissage. Les pulvérisateurs automobiles peuvent être employés pour des surfaces moins étendues. L'avantage est que les arbres sont soupoudrés deux fois: la première quand le nuage de poussière monte, la seconde quand il redescend. La matinée est généralement plus favorable à ces opérations, le vent n'étant pas aussi fort à ce moment qu'au milieu du jour; de plus, les mouvements de l'air sont moindres au lever du soleil.

FIGURE 8 – *Tronc de pin d'Europe montrant l'action mortelle des poudres de contact sur la chenille de la noctuelle pityphage.*

En conclusion, nous possédons aujourd'hui des moyens bien éprouvés pour lutter contre les invasions d'insectes, sous la forme de poudres agissant par contact, mais jusqu'à présent, elles ne sont actives que contre les chenilles à peau nue. Elles ont une action fatale sur les chenilles et sont inoffensives pour l'homme et les animaux. Les préparations à base de pyrèthre et de dinitro-*o*-crésol sont également efficaces contre les insectes, mais dans le cas des chenilles velues elles ne constituent qu'une solution temporaire au problème.

BIBLIOGRAPHIE

[1] ESCHERICH, K. *D. Forstins. Mitteleurop.*, 1934, **3**.

[2] FUERST, H., et NISBETH, J. *The Protection of Woodlands*, 1889 et 1892.

[3] GIBSON, A. *VI Congr. Int. ent., Madrid*, 1940, **2**, 867–872.

[4] HOFFMANN, CH. *Nachr. SchädlBekämpf., Leverkusen*, 1938, **14**, (1), 1–43.

[5] MARCUS, A. *Z. angew. Ent.*, 1932, **19**, (1), 68–84.

[6] NAUDE, T. J.; RIPLEY L. B.; et PETTY, B. K. *Sci. Bull. Dep. Agric. S. Afr.*, 1939, N° 206.

[7] POTTS, S. F. *J. econ. Ent.*, 1939, **32**, 381–387.

[8] ROTHKIRCH-MASSEL. *D. Forstw.*, 1937, **19**, 795–896.

[9] SCHIMITSCHEK, E. *Ztl. ges. Forstw.*, 1932, (2), 43–53.

[10] *Idem. Ztl. ges. Forstw.*, 1935, 7 et 8.

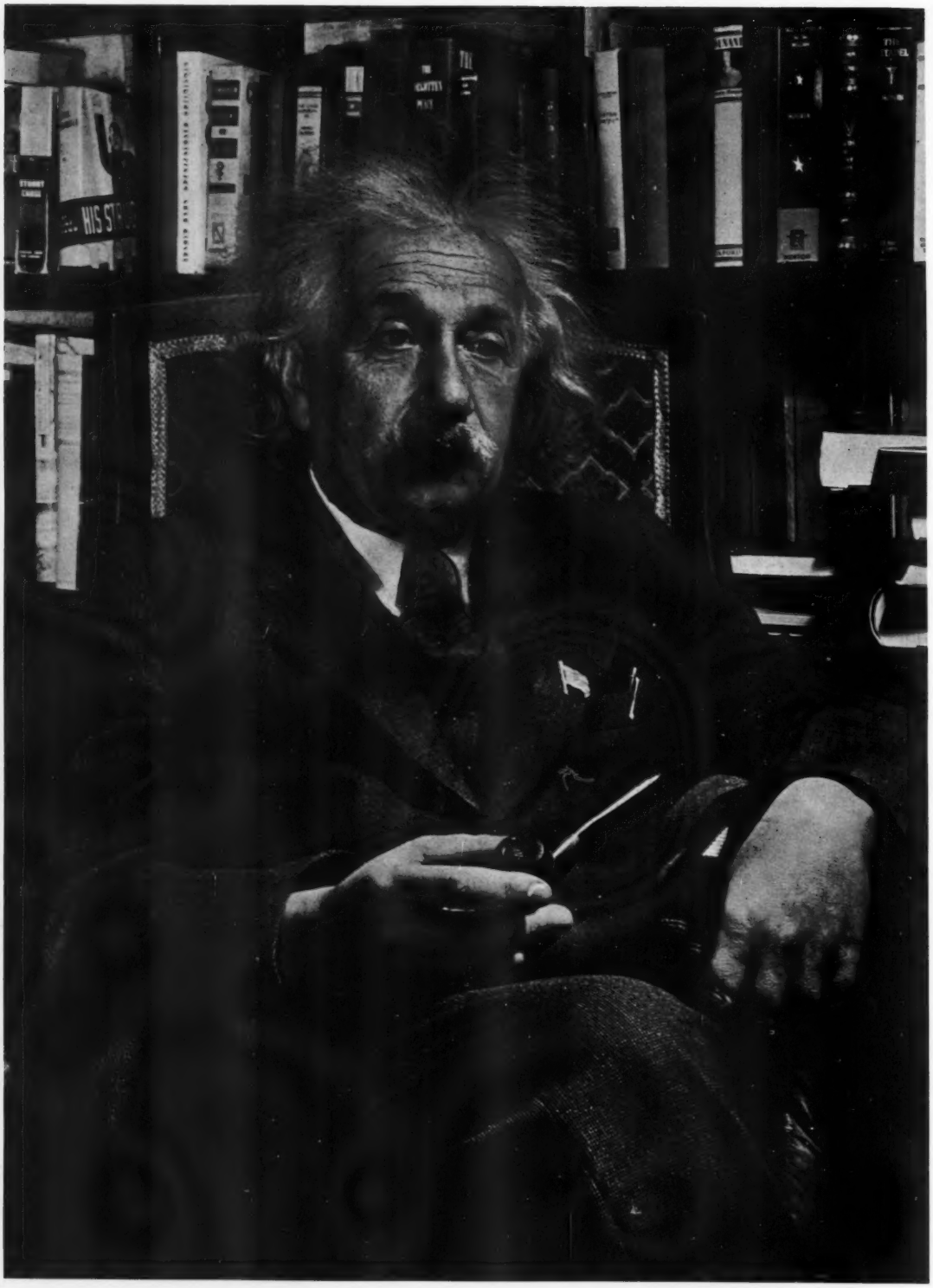
[11] SCHWERDTFEGER, F., et STAHL, K. *Forstarch.*, 1937, **13**, 73–78.

[12] STAUDINGER y RUŽICKA, *Helv. chim. Act.*, **7**, 24.

[13] TRÄGÅRDH, I. *Bull. ent. Res.*, 1935, **26**, 487–495.

[14] UPHOF, C. TH. *Z. angew. Ent.*, 1923, **9**, 343–352.

[15] ZWOELFER, W. *Z. angew. Ent.*, 1931, **17**, 475–562.



ALBERT EINSTEIN

La gravitation: des idées anciennes aux idées nouvelles

E. T. WHITTAKER

Dans un article précédent, le professeur Whittaker décrivait les origines, l'évolution et finalement l'abandon de la conception d'un éther. Ce nouvel article forme un tout en lui-même; il fait cependant suite au premier puisqu'il évoque les tentatives successives des savants des XIXème et XXème siècles pour édifier une théorie unitaire du monde extérieur fondée sur les relations intimes entre la gravitation, l'électricité, le magnétisme et la lumière.

Bien que la gravitation ait été la première des forces de la Nature intégrée dans le domaine des sciences exactes et représentée par une formule mathématique, et bien qu'une quantité prodigieuse de travaux de tout premier ordre ait été accumulée au cours de l'évolution de la théorie, il n'en demeure pas moins que les problèmes fondamentaux de physique qu'elle implique sont presque aussi angoissants aujourd'hui qu'autrefois. La loi de Newton suivant laquelle toute particule de matière de l'univers attire toute autre particule selon une force inversement proportionnelle au carré de la distance, donne la méthode de calcul des effets de l'action gravitationnelle; et, au cours des XVIIIème et XIXème siècles, tous les mouvements connus des corps célestes (à l'exception d'une petite différence qui a été ultérieurement interprétée par Einstein) furent expliqués ainsi d'une manière satisfaisante. Mais la théorie de Newton ne se proposait que de prédire des faits observables et de répondre à la question *Comment?* Elle ne tentait pas de dire *Pourquoi?* ni de déterminer l'origine ou le mode de transmission de cette action, ou de révéler ses relations avec les autres forces naturelles.

Ces vastes problèmes n'ont cependant jamais cessé de préoccuper les physiciens, et, au cours des deux derniers siècles l'on s'est efforcé à plusieurs reprises de découvrir le processus de transmission, instantané ou non, de l'action gravitationnelle et d'établir des relations entre la gravitation, le magnétisme et l'électricité. En somme, il s'agissait de construire une *théorie unitaire* du monde extérieur. Entre l'époque de Newton et la découverte de la théorie de la relativité généralisée, en 1915, ces recherches peuvent se classer en trois catégories principales: premièrement, celles qui essayaient d'élaborer une théorie rationnelle de transmission en postulant des mécanismes dissimulés et des éthers hypothétiques; deuxièmement, celles qui soumettaient l'hypothèse de la propagation instantanée à un examen critique, comparant les observations astronomiques avec le résultat des calculs obtenu à partir de diverses lois impliquant un temps fini de propagation; enfin, troisièmement, les recherches purement expérimentales pour essayer d'observer des effets électriques résultant de l'action de la gravitation. Au lendemain de la découverte de la relativité généralisée, le caractère du problème change radicalement et une nouvelle méthode d'attaque se dessine; l'activité considérable de ces vingt-cinq dernières années a été inspirée en grande partie, soit par les nouveaux aspects de la géométrie, soit par la théorie des quanta.

Parmi les premières tentatives, on peut examiner à part celles qui ont pour but de trouver le siège de l'énergie gravitationnelle. Si deux particules, primitivement au repos à une certaine distance l'une de l'autre, peuvent se mettre librement en mouvement sous l'influence de leur attraction mutuelle, elles vont acquérir certaines vitesses, autrement dit, une certaine énergie cinétique. Cette énergie doit (et c'est ainsi que raisonnaient les physiciens de la fin du siècle dernier) avoir existé quelque part sous une certaine forme avant que le mouvement ne commançât: où était-elle? On avait des raisons de penser que cette question n'était ni dépourvue de sens, ni impossible à résoudre, du fait qu'on avait pu résoudre ce même problème dans les domaines de l'électricité et du magnétisme. On savait représenter l'énergie d'un système d'aimants, correspondant aux forces mutuelles qu'ils exercent l'un sur l'autre, grâce à une expression mathématique fonction de la position des aimants. Cependant en 1853, William

Thomson (Lord Kelvin) montra que cette expression pouvait être transformée en une intégrale prise dans un espace illimité; de là, par une inspiration géniale, il proposa une théorie physique selon laquelle l'énergie était non point localisée dans les aimants, mais distribuée dans tout le champ magnétique. Ce principe fut adopté par Maxwell ainsi qu'un principe similaire concernant les charges électriques, et ils servirent de base à la théorie électro-magnétique de la lumière.

Pouvait-on appliquer cette théorie à la gravitation? Les forces gravitationnelles obéissent à la même loi que les forces électriques et magnétiques (loi du carré inverse de la distance) et les lignes de force gravitationnelle au voisinage de deux corps suffisamment denses sont exactement de la même forme que les lignes de force magnétique au voisinage de deux pôles de même nom. La seule différence est que, si les pôles se repoussent, les corps s'attirent. Mathématiquement, cela revient à changer un signe *plus* en un signe *moins*, ce qui n'affecte pas la possibilité d'exprimer la gravitation comme la théorie magnétique de Thomson, et ceci fut réalisé sans difficulté par Maxwell in 1865; mais le signe *moins* rend impossible toute interprétation physique, parce qu'on trouve que la densité d'énergie devient plus petite là où la force de gravitation est intense que là où elle est faible. Mais, selon Maxwell, puisque l'énergie est essentiellement positive, il est impossible qu'une partie quelconque de l'espace soit douée d'une énergie intrinsèque négative. Par conséquent, l'hypothèse selon laquelle la gravitation est due à l'action du milieu ambiant conduit à la conclusion que chaque partie de ce milieu possède, s'il n'est pas troublé, une énorme énergie intrinsèque positive, et que la présence d'un corps dense agit sur le milieu en diminuant cette énergie là où il se produit une attraction. « Comme je suis incapable de comprendre de quelle façon un milieu pourrait être doué de ces propriétés», conclut-il, « il m'est impossible de m'avancer davantage dans cette voie pour trouver les causes de la gravitation!»

Le plus curieux de cette histoire, c'est que ce même concept d'énergie négative se retrouve dans les théories récentes de la mécanique quantique d'une manière parfaitement plausible.

L'attention se concentra encore au XIXème siècle sur une autre question, celle de la propagation de la gravitation: était-ce un phénomène instantané ou se produisait-il en un temps fini? La seule manière de résoudre le problème consistait à déduire mathématiquement les conséquences des diverses hypothèses et à comparer les résultats avec ceux des observations astronomiques. (L'objet de l'observation n'est pas de fournir des hypothèses, mais de les vérifier.) Selon l'une des hypothèses, la force obéissait à la loi de Newton en ce qui concerne son intensité, à condition qu'elle soit douée d'une vitesse finie. Cette idée dût être abandonnée parce qu'on trouva que la vitesse devrait être au moins un million de fois celle de la lumière. D'autres hypothèses furent empruntées à l'électro-dynamique. On avait montré dès le milieu du XIXème siècle qu'on pouvait expliquer les actions mécaniques entre courants électriques, en supposant que la loi gouvernant l'action exercée entre deux particules électrisées consistait non seulement en un terme électrostatique, mais qu'elle contenait aussi un terme dépendant de leurs vitesses[1]. Il sembla naturel d'attribuer un caractère de cette nature à la loi de gravitation, la loi de Newton devenant en somme une approximation valable quand la vitesse des corps est négligeable par rapport à la vitesse de propagation de la force gravitationnelle. On essaya également de se servir de cette idée pour expliquer le mouvement séculaire du périhélie de Mercure qu'on ne pouvait interpréter simplement par la loi de Newton; mais les résultats obtenus dépendaient tellement de suppositions *ad hoc* qu'ils ne purent être considérés comme tout à fait convainçants.

On avait également fait des recherches d'un caractère purement expérimental dans d'autres domaines, et Faraday en donna une description illustre en 1850 lors de sa fameuse conférence: *On the Possible Relation of Gravity to Electricity* (Bakerian Lecture). L'idée directrice du travail était la suivante: lorsque deux corps sont attirés l'un vers l'autre sous l'action de la gravitation, des courants électriques peuvent naître soit dans ces corps, soit dans la matière qui les entoure. On fit diverses expériences pour vérifier cette hypothèse, mais les résultats furent négatifs. « Ces résultats», disait Faraday dans sa conclusion, « n'ébranlent pas mon sentiment — je suis puissamment en faveur de l'existence d'une relation entre la gravitation et l'électricité — bien qu'ils ne fournissent aucune preuve qu'une telle relation existe».

L'ère de philosophie scientifique inaugurée par les travaux de Newton se termine en 1907, date de la mort de Lord Kelvin, qui n'aura jamais

[1]Ceci (aujourd'hui écarté) était une véritable « théorie électronique», impliquant seulement des forces entre particules sans intervention du milieu, contrairement à la théorie électronique ultérieure et mieux connue de Lorentz.

renoncé à trouver la solution du vaste problème suivant: l'action à distance est-elle une réalité, ou faut-il expliquer la gravitation, comme on explique aujourd'hui l'électricité et le magnétisme, par l'intervention du milieu?

La véritable méthode, consistant à remplacer l'action à distance par l'action contigüe, avait été esquissée tout à la fin du XIXème siècle par l'ami de Kelvin, FitzGerald, en ces termes: « La gravitation est probablement due à un changement dans la structure de l'éther produit par la présence de matière »; mais l'honneur de la réussite et du plein développement de cette idée revient entièrement à Einstein, qui publia en 1915 sa théorie de la relativité généralisée. L'« éther » de FitzGerald fut nommé par Einstein simplement « espace » ou « espace-temps », et le terme quelque peu vague de FitzGerald, la « structure », devint avec Einstein la notion mieux définie et précise de « courbure ». Nous obtenons ainsi la proposition essentielle de la théorie d'Einstein: « La gravitation est due à un changement dans la courbure de l'espace-temps produit par la présence de matière ».

Ceci est très différent de toutes les conceptions précédentes, puisque les anciens physiciens considéraient la gravitation simplement comme un des types de force naturelle — force électrique, force magnétique, etc. — chacune d'elles exerçant une influence propre sur le mouvement des particules matérielles. L'espace dont les propriétés avaient été fixées par la géometrie euclidienne était pour ainsi dire le théâtre sur lequel les forces jouaient chacune leur rôle. Mais dans la nouvelle théorie, la gravitation cessait d'être un acteur et s'intégrait à la structure de la scène. Un champ de gravitation consistait alors essentiellement à remplacer les propriétés euclidiennes par celles d'une géometrie d'un genre beaucoup plus compliqué: l'espace n'était plus ni homogène, ni isotrope. On pourrait ici tenter une comparaison avec le jeu de boules. Les terrains de jeux dans le nord de l'Angleterre ne sont pas rigoureusement plats mais s'élèvent légèrement vers le centre. Un observateur qui n'aurait pas remarqué que le centre était surélevé, trouvant qu'une boule (supposée bien équilibrée) décrit toujours une trajectoire convexe vers le centre de la pelouse, expliquerait cela par l'existence en ce point d'un centre de forces répulsives. Un observateur mieux informé attribuerait le phénomène à un caractère géométrique — la pente. Les deux explications correspondent respectivement aux conceptions newtonienne et einsteinienne de la gravitation: pour Newton c'est une force, pour Einstein c'est une modification de la géométrie de l'espace.

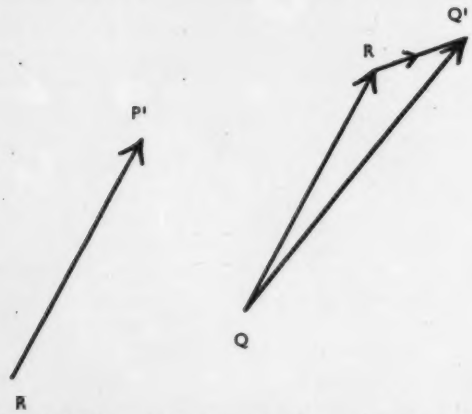
La nouvelle théorie transformait complètement les relations entre la gravitation et les autres forces naturelles. Ainsi, puisqu'une relation bien définie avait été établie entre l'électricité et la gravitation, il fallait édifier à nouveau toute la théorie électro-magnétique.

Ceci n'était cependant pas tout-à-fait satisfaisant — uniquement d'ailleurs au point de vue esthétique, car il n'y avait aucune contradiction avec les résultats de l'expérience. L'une des forces naturelles, la gravitation, avait été absorbée dans la géométrie, mais les autres étaient toujours des forces dans le sens newtonien du terme. Est-ce que la description de l'univers ne serait pas plus satisfaisante si on pouvait les absorber *toutes* dans la géométrie? Est-ce que Faraday lui-même, dans sa théorie des lignes de forces électriques et magnétiques, n'avait pas indiqué la possibilité d'un développement de cette nature?

Evidemment, si la géométrie au voisinage de n'importe quel point peut exprimer l'ensemble des conditions physiques en ce point — c'est à dire le champ de gravitation et le champ électromagnétique — ce doit être une géométrie beaucoup plus complexe que la géométrie d'Euclide; en fait, il faudrait que ce soit la géométrie d'un espace courbe généralisé. On peut se faire une idée de la géométrie d'un type simple d'espace courbe en se référant à la géométrie de la surface de la sphère. Sur une sphère nous pouvons tracer des « triangles sphériques » dont les côtés sont des arcs de grand cercle, et la trigonométrie de ces triangles est une généralisation de la trigonométrie plane. D'autre part, un physicien représente une force par un vecteur, et par conséquent, si notre géométrie doit représenter des champs de force d'ordre physique, il nous faut une théorie des vecteurs dans l'espace généralisé, et une théorie de leur variation point par point dans cet espace. En géométrie euclidienne la question est très simple. Si U et V sont deux vecteurs au même point P, nous pouvons trouver le vecteur de leur différence en nous servant du triangle des vecteurs. Mais si U est un vecteur en un point P, et V un vecteur en un point différent Q, et si nous voulons trouver la différence vectorielle entre U et V, il est nécessaire « en principe » de transférer d'abord U parallèlement à lui-même du point P au point Q, et de trouver ensuite la différence entre les deux vecteurs en Q. Ainsi une méthode pour transporter une direction parallèlement à elle-même, un « transport parallèle », est nécessaire

pour trouver la différence entre des vecteurs situés en différents points, et par conséquent pour effectuer la différentiation spatiale des vecteurs: cette assertion demeure vraie dans l'espace généralisé.

Soient maintenant deux points, P et Q, à la surface de la terre considérée comme une sphère, soit U une direction sur la surface en P, soit V une autre direction en Q. Ces directions U et V ne peuvent naturellement pas (à moins que P ne soit précisément aux antipodes de Q) être parallèles au sens ordinaire et euclidien du terme, c'est-à-dire parallèles dans l'espace à trois dimensions dans lequel la terre est plongée; mais on peut définir une nouvelle espèce de parallélisme, et



PP^1 et QQ^1 représentent deux vecteurs. Pour trouver leur différence nous devons déplacer par translation le vecteur PP^1 jusqu'au point Q, en position QR. La différence cherchée est alors RQ^1.

ceci de bien des manières différentes. On peut, par exemple, dire que V est dérivé par transport parallèle de U, si V et U ont la même déviation de compas, de manière à ce que, par exemple, la direction nord-est en un point de la surface de la terre soit parallèle à la direction nord-est en n'importe quel autre point.

Il y a maintenant deux sortes de courbes à la surface de la terre qui peuvent être considérées comme analogues à la ligne droite dans le plan d'Euclide. Si nous définissons la ligne droite comme ayant la propriété d'être la plus courte distance entre deux points, elle est alors analogue à un grand cercle de la terre. Mais si nous définissons la ligne droite par sa propriété de conserver la même direction sur toute sa longueur, ou, plus exactement, par le fait que ses éléments successifs peuvent être dérivés l'un de l'autre par transport parallèle, alors son analogue sur la terre est la trajectoire d'un bateau dont la déviation de compas est constante tout au long du trajet; cette courbe est nommée *loxodromie*. L'existence de deux familles de courbes, les grands cercles et les loxodromies, peut être assimilé au fait que si un champ électrostatique et un champ gravitationnel co-existent, les lignes de force électrique et les lignes de force gravitationnelle sont comme deux familles de courbes dans l'espace, et cette analogie grossière peut nous aider à voir comment des phénomènes physiques différents peuvent être représentés simultanément au moyen de conceptions géométriques.

En somme, la géométrie dont on se sert dans les théories modernes considère l'espace comme formé d'un grand nombre de petits morceaux soudés ensemble, pour ainsi dire, par transport parallèle; c'est ce qu'on appelle «géométrie affine». Le professeur Schrödinger, dans le dernier mémoire qu'il a publié sur ce sujet pendant l'été 1943, montre qu'une hypothèse très simple et très naturelle sur la nature des expressions de Lagrange suffit à produire à partir d'une géométrie affine simple un système complet d'équations différentielles des champs combinés (gravitationnels et électro-magnétiques). C'est par là qu'on s'est approché de plus près jusqu'ici de la réalisation du rêve de Faraday d'unifier les forces de la Nature.

Il demeure cependant peu probable que le mystère de la gravitation puisse être complètement et définitivement élucidé au moyen de recherches de cette nature: en effet, l'évolution extraordinaire de la cosmologie au cours de ces dernières années permet d'envisager le problème sous un jour entièrement nouveau et il semble que l'on doive désormais le traiter par des méthodes radicalement différentes des précédentes. L'ensemble des études sur l'univers en expansion, sur l'origine de l'énergie radiante des étoiles et sur la dynamique des essaims d'étoiles, permet une estimation acceptable de l'âge du cosmos; et la physique théorique d'aujourd'hui doit s'adapter aux conceptions de la Création. Ceci prend une importance capitale dans certaines théories cosmologiques, notamment dans celle que le professeur E. A. Milne élabore depuis 1933, et dans celle que le professeur Dirac a proposée en 1937. Ces deux savants éminents considèrent que les lois de la Nature sont associées à un élément d' «époque». Ceci semble indiquer que le problème de la gravité doit être envisagé sous son aspect cosmologique, et c'est cette tendance qui se dégage nettement de certains travaux récents.

Revue des livres

LA TECHNIQUE DES GÉNÉRATRICES RYTHMIQUES

Time Bases (Scanning Generators): their Design and Development, *par O. S. Puckle. Pp. xii* + 204. *Chapman & Hall, Limited, Londres.* 1943. 16*s. net.*

Cette excellente monographie traite tous les dispositifs électroniques les plus importants pour la production d'axes de temps pour oscillographes cathodiques, récepteurs de télévision, indicateurs des moteurs, etc. Elle indique les grandes lignes du développement de la question et sert d'introduction aux principes fondamentaux de la technique moderne. La valeur de l'ouvrage est grandement accrue par une série de sept appendices (représentant près d'un tiers de l'ouvrage), décrivant le tube à rayons cathodiques scellé à basse tension et les effets des constantes de temps et des autres paramètres des circuits et des tubes. On trouve encore dans cet ouvrage de nombreuses notes de références, une utile bibliographie et un bon index. W.J.

DICTIONNAIRE DE COMPOSÉS ORGANIQUES

Dictionary of Organic Compounds, Volume I, *publié par I. M. Heilbron and H. N. Bunbury. Pp. xvi* + 1072. *Eyre & Spottiswoode Limited, Londres, Nouvelle édition, revue et augmentée,* 1943. £6 6*s. net.*

Le *Handbuch* de Beilstein devenant de plus en plus démodé, la publication d'une édition revue du *Dictionary of Organic Compounds*, contenant des références sur la littérature chimique allant jusqu'en 1941–42, est particulièrement bienvenue. Le volume I a été considérablement révisé, l'inclusion de plusieurs nouveaux composés, notoirement du domaine des études les plus récentes, a conduit à une addition de 366 pages à ce volume. Son intérêt a été également très accru par une augmentation considérable du nombre des notes bibliographiques complémentaires et des renvois, ainsi que par l'addition de références aux «Synthèses organiques» et aux sommaires, dans le cas de littérature relative aux brevets récents.

Il est un peu difficile d'apprécier la méthode selon laquelle a été effectuée la révision des références. On trouve fréquemment que des dérivés nouveaux sont mentionnés sans références bibliographiques supplémentaires, ou que des composés mentionnés pour la première fois ne sont accompagnés que de références déjà anciennes. Les constantes physiques, telles que constantes de dissociation des acides et des bases, semblent avoir été peu révisées, bien que de nouvelles données aient été publiées récemment. La méthode consistant à réunir toutes les références à la fin d'un paragraphe sans indiquer à quel dérivé ou propriété spécifique elles se rapportent (en particulier, par exemple, dans le cas où l'on rencontre les formes *dl-*, *d-* et *l-*) en diminue quelque peu l'intérêt. J.W.B.

LA CHIMIE ET LES EMPLOIS DE L'AMIDON

Starch and its Derivatives, *par J. A. Radley. Pp. xii* + 558. *Chapman & Hall Limited, Londres. Deuxième édition, revue,* 1943. 36*s. net.*

Bien que ce livre fasse partie d'une série de monographies sur la chimie industrielle, la description des emplois techniques de l'amidon n'occupe pas la moitié du volume, le reste du texte étant consacré à l'énorme quantité de littérature relative à ce que l'on peut appeler la chimie pure de l'amidon. Sans doute l'auteur espérait-il arriver ainsi à un meilleur équilibre entre la chimie pure et la chimie appliquée que dans la première édition où le point de vue industriel l'emportait.

Dans la nouvelle édition, la partie technique a été revue et augmentée par l'incorporation de matières nouvelles. Elle contient maintenant une série d'informations d'une grande valeur, non seulement pour le chimiste industriel ayant affaire avec la fabrication et l'utilisation de l'amidon, mais aussi aux chimistes non spécialisés dans cette branche mais désireux de se tenir au courant des progrès industriels.

Les parties du livre ayant trait à la structure et aux propriétés de l'amidon démontrent un effort louable fait pour mettre de l'ordre dans le chaos de notions contradictoires accumulées en un siècle. C'est une tâche herculéenne et qui ne peut être menée à bien faute de place. Ces chapitres deviennent, en majeure partie, de simples compilations de noms et d'opinions, surtout d'opinions — qui, bien souvent, sont irréconciliables. Les compilations de ce genre ont évidemment leur intérêt, et les chimistes sont reconnaissants à Mr Radley de la diligence avec laquelle il a réuni tant de références. Néanmoins, on a l'impression qu'une monographie ne devrait pas être un compte-rendu impartial d'un aussi grand nombre que possible d'hypothèses — on préférerait voir l'auteur prendre position et donner sa propre interprétation au lieu de rapporter l'opinion de «A» en 1840, côte à côte avec celle de «B» en 1940, sans en dire plus. Dans un chapitre, par exemple, l'auteur parvient à faire mention de plus de 200 textes originaux dans quinze pages de texte. Il est clair qu'une telle compression ne permet aucun jugement critique des mérites relatifs des travaux ni des auteurs cités.

GUIDE POUR L'ÉTUDE DE CHAMPIGNONS

A Dictionary of the Fungi *par G. C. Ainsworth et G. R. Bisby. Pp. vii* + 359 *et* 10 *planches. The Imperial Mycological Institute, Kew, Surrey,* 1943. 20*s. net.*

On trouve dans cet ouvrage une liste de tous les noms génériques des champignons (avec leurs synonymes), en usage jusqu'à la fin de 1939, des informations intéressantes sur plusieurs des familles et un dictionnaire des termes usités en mycologie et en pathologie végétale. Il sera, sans aucun doute, extrêmement intéressant pour tous ceux qui étudient les champignons qui constituent un groupe d'organismes d'une étonnante variété. Le dictionnaire comprend des renseignements sur la pénicilline, l'ergot, les champignons comestibles et les champignons toxiques. On aurait pu donner plus de renseignements sur certaines familles et, à ce point de vue, le livre soutient mal la comparaison avec le *Dictionary of the Flowering Plants and Ferns* de Willis, sur le modèle duquel il a été fait en partie. Avant tout, un dictionnaire devrait être complet et il est d'autant plus regrettable que des noms attribués aux champignons depuis 1939 n'y figurent pas, qu'il est possible de les trouver ailleurs. Ce dictionnaire est écrit en majeure partie en «Basic English». Si grands qu'en soient les mérites pour certains usages, on ne peut y voir, dans le cas présent, aucun avantage suffisant pour compenser les circonlocutions et le manque de précision qu'il entraîne.

F. T. BROOKS

LES PLANTES DE SAINT-DOMINGUE

Catalogus Florae Domingensis (Catálogo de la Flora Dominicana). Parte I: Spermatophyta, *par R. M. Moscosco. Pp. xlviii + 732. New York. Edité pour l'Université de Saint-Domingue* (1943).

Saint-Domingue ou Española (Hispaniola) est la plus centrale et la seconde en étendue des îles des Grandes Antilles. L'île est montagneuse, on y distingue quatre groupes de montagnes, et les plus hauts sommets dépassent 3.000 m. Les roches et le sol sont très variés et le climat est chaud et humide. Ces conditions physiques sont favorables au développement d'une flore et d'une végétation riches.

Le Directeur de l'Instituto Botánico (R. M. Moscosco) dont l'*Introducción* est datée septembre 1938 de Santiago, R.D., et janvier 1942 de New York, a publié ce qui semble être une liste très complète de toutes les espèces de plantes à graines trouvées dans l'île, tant en Haïti que dans la République Dominicaine. Cette liste est correctement décrite par son titre de Catalogus (Catálogo); ce n'est pas une Flora, car elle ne contient que des noms, les lieux où l'on rencontre les espèces dans l'île, des notes sur leur habitat, et, à l'occasion, une brève mention des noms et habitats locaux. Il n'y a ni clefs, ni descriptions, ni figures des plantes citées, qui comprennent des espèces cultivées et sauvages. Les familles sont classées d'après le système d'Engler. Le format du livre est excellent et il y a suffisamment d'indications sur les noms latins et locaux. Ce livre devrait rendre service à tous ceux qui étudient la flore tropicale du Nouveau Monde.

W. B. TURRILL

LA MALNUTRITION MINÉRALE CHEZ LES VÉGÉTAUX

The Diagnosis of Mineral Deficiencies in Plants by Visual Symptoms: A Colour Atlas and Guide, *par T. Wallace. Pp. vi + 116 avec nombre d'illustrations. H.M. Stationery Office. Londres* 1943. 10*s. net.*

L'agriculture en temps de guerre et la nécessité vitale d'obtenir du sol un rendement maximum en produits alimentaires ont mis en évidence l'intérêt qu'il y a à décider les signes de nutrition défectueuse aussitôt que possible au cours de la croissance des végétaux. Le Dr Wallace donne un excellent résumé des points essentiels relatifs à la nutrition végétale et discute les possibilités qu'offrent les terrains en éléments nutritifs minéraux, indispensables au développement normal de la plante. Il passe d'abord en revue les méthodes de détermination des carences en minéraux des récoltes, puis donne des précisions sur la méthode visuelle de diagnostic sur le terrain, y compris une méthode utilisant des plantes sélectionnées indicatrices. Une intéressante série de photographies en couleurs qui aideront grandement à identifier les symptômes, tant en agriculture qu'en horticulture, donne à ce livre un attrait spécial. Il est souvent possible, grâce au diagnostic par la méthode visuelle rapide, de sauver une récolte qui s'étiole, par pulvérisation en temps voulu, par exemple. Ce livre sera un guide des plus précieux, en particulier pour les fonctionnaires et conseillers techniques.

W.G.O.

LES APPLICATIONS MÉDICALES DE LA SPECTROPHOTOMÉTRIE

Spectrophotometry in Medicine, *par Ludwig Heilmeyer; traduit par A. Jordan et T. L. Tippell. Pp. xiv + 280. Adam Hilger Limited, Londres.* 1943. 30*s. net.*

Les éditeurs de ce livre ont une réputation qui ne le cède en rien à aucune autre firme, comme fabricants d'instruments d'optique pour la spectroscopie et la polarimétrie. Il n'est peut-être pas de notoriété aussi générale qu'ils sont les éditeurs de certaines monographies excellentes, traitant des principes d'emploi de ces instruments d'optique et de leurs applications aux diverses branches de la science. Il est regrettable de constater que ce livre ne pourra servir en rien leur réputation d'éditeurs. C'est une traduction d'une monographie publiée en Allemagne en 1932 — avant, il est vrai, que la science allemande n'ait commencé sa descente rapide le long du sentier glissant du régime totalitaire. Il est fort possible que l'emploi des méthodes spectrophotométriques pour le diagnostic médical n'ait fait aucun progrès en Allemagne au cours des onze dernières années. Il a été largement développé ailleurs au cours de cette période, en particulier aux Etats-Unis. On conçoit difficilement, par conséquent, l'intérêt qu'il peut y avoir à publier une traduction de ce livre qui ne soit pas, en même temps, une révision complète, amenant chaque méthode au niveau de la pratique courante actuelle, basée sur les progrès les plus récents. Il faudrait plus de place que ce dont nous disposons ici pour pouvoir entreprendre une critique technique détaillée; disons simplement que ce livre, au prix de 30s. auquel il est publié, est cher, surtout si on le compare à l'excellente monographie du Dr Morton, analysée dans le numéro d'avril 1943 de ENDEAVOUR. Le livre du Dr Morton était non seulement un exposé lumineux d'un sujet dans lequel l'auteur est un expert averti, mais encore une version complètement révisée de la première édition qui ne datait que de 1935. Cette révision avait été jugée nécessaire après sept ans à cause des progrès réalisés.

A. L. BACHARACH

«J. J.»

The Life of Sir J. J. Thomson, O.M., *par Lord Rayleigh. Pp. x + 299 et 9 figures. Cambridge University Press, Londres,* 1942. 18*s. net.*

Trois ou quatre pages de l'appendice de ce livre sont consacrées à l'énumération des distinctions conférées à Thomson. Mais des milliers de ses contemporaires de Cambridge, et d'autres encore, se souviennent avec affection du «J.J.» amical et simple, jamais trop occupé à son poste de Cavendish Professor of Physics pour donner un mot d'encouragement ou un avis, ou à celui de Master of Trinity pour prendre un intérêt personnel dans toutes les activités du Collège. Les principes généraux de sa contribution à l'étude de la physique atomique sont universellement connus. Lord Rayleigh qui, physicien distingué et ami intime de Thomson, était doublement qualifié pour la tâche, a écrit une biographie dans laquelle l'œuvre de Thomson est décrite aussi simplement que possible et montrée en relation avec le travail de ses élèves. Le côté humain de l'histoire n'est négligé en aucune page, et le récit de Lord Rayleigh nous laisse avec une image claire et saisissante de l'une des figures les plus intéressantes de ces dernières années. Bien que, pour citer les paroles de Sir William Bragg, « Thomson plus qu'aucun autre homme soit responsable du changement de vues fondamental qui distingue la physique de ce siècle de celle du dernier», il ne perdit jamais sa modestie naturelle.